

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ О. В. Гондляр
«__» _____ 2019р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 - Галузеве машинобудування

на тему: «Пластозмішувач роторний з модернізацією ущільнень»

Виконав:

студент 2 курсу, групи ЛП-81мп

Письменний Максим Станіславович _____

Керівник:

доц. каф. ХПСМ, к.т.н. Чемерис А.О. _____

Консультант з розділу модернізація:

доц. каф. ХПСМ, к.т.н. Чемерис А.О. _____

Консультант з розділу монтаж та експлуатація:

ст.викл. каф. ХПСМ, Борщик С.О. _____

Рецензент _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Інженерно-хімічний факультет _____
(повна назва)

Кафедра Хімічного, полімерного та силікатного машинобудування _____
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) 133 Галузеве машинобудування _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Письменному Максиму Станіславовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Пластозмішувач роторний з модернізацією ущільнень _____

науковий керівник дисертації к.т.н. Чемерис Андрій Олегович _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «01» листопада 2019 р. №3807-с

2. Строк подання студентом дисертації 10.12.2019 р. _____

3. Об'єкт дослідження пластозмішувач для підготовки багатокомпонентної суміші при виготовленні ПВХ плівки _____

4. Предмет дослідження пластозмішувач роторний (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою)
Вільний об'єм змішувальної камери $V=180\text{дм}^3$; швидкість обертання тихохідного ротора $v_1=50$ об/хв; швидкість обертання бистрохідного ротора $v_1=58$ об/хв; потужність двигуна $N=1250\text{кВт}$; габаритні розміри: довжина-5420мм; ширина-1760 мм; висота-3950мм

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Магістерська дисертація включає такі розділи: Зміст, Вступ, Призначення та галузь застосування лінії, Технічні характеристики базової машини, Літературно-патентний огляд стану питання, Обґрунтування запропонованої модернізації, Розрахунки, Охорона праці, Технологія монтажу та експлуатації, Стартап-проект, Висновки, Перелік посилань, Додатки.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Технологічна схема виробництва ПВХ плівки - 1 лист, А1; Роторний пластозмішувач періодичної дії - 1 лист, А1; Завантажувальний пристрій - 1 лист, А1; Розвантажувальний пристрій - 1 лист, А1; Базове ущільнення пластозмішувача - 1 лист, А3; Лабіринтний ущільнення пластозмішувача - 1 лист, А3; Спиральне ущільнення пластозмішувача - 1 лист, А2; Моделювання та розрахунок базового вузла - 1 лист, А1; Моделювання та розрахунок лабіринтного вузла - 1 лист, А1; Моделювання та розрахунок спірального вузла - 1 лист, А1;

7. Орієнтовний перелік публікацій тези на IX Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Модернізація ущільнювачів змішувача гумових сумішей», «Модернізація ущільнювачів змішувача гумових сумішей»

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація обладнання	Борщик С.О., ст.викл.		
Модернізація	Чемерис А.О., к.т.н.		
Перевірка на оригінальність	Щербина В.Ю., д.т.н., проф.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вступ. Призначення та галузь застосування лінії	28.10-31.10.19	
2	Опис лінії і машини	01.11-03.11.19	
3	Літературно- патентний огляд, обґрунтування модернізації	04.11-08.11.19	
4	Охорона праці	09.11-11.11.19	
5	Стартап-проект	12.11-14.11.19	
6	Розрахунки які підтверджують працездатність машини	15.11-19.11.19	
7	Розрахунки 3D моделі	20.11-24.11.19	
8	Монтаж та експлуатація машини	25.11-27.11.19	
9	Висновки, перелік посилань	28.11-30.12.19	
10	Оформлення ПЗ	01.12-05.12.19	
11	Оформлення креслень	06.12-10.12.19	

Студент

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

Керівник дисертації

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Розроблено магістерську дисертацію на тему «Пластозмішувач роторний з модернізацією ущільнень».

Метою дисертації є модернізація вузла ущільнення пластозмішувача. Магістерська дисертація вміщує «Пояснювальну записку», що складається з 9 розділів. Загальний обсяг магістерської дисертації становить: . с., рис., табл., джерел та креслень

Пластозмішувачі широко використовують при виготовленні полімерних виробів. Дані агрегати затратні в обслуговуванні, тому питанням в усуненні існуючих недоліків пластозмішувачів, а саме: труднощі під час очистки машини, тривалий час процесу змішування та самовільне виділення змішувальної маси через ущільнення, що призводить до втрат матеріалу і загальної продуктивної машини в цілому є актуальним.

Об'єктом магістерської дисертації є процес самовільного виділення змішувального матеріалу через систему ущільнень.

Дисертація містить призначення та галузь застосування роторного пластозмішувача. У роботі надано технічні характеристики, розглянуто базову конструкцію та описано основні вузли пластозмішувача, виконані параметричні, кінематичні та розрахунки на міцність, які підтверджують працездатність базової конструкції пластозмішувача.

В дисертації було виконано літературний пошук недоліків базової конструкції. Зроблено патентний огляд конструкцій пластозмішувача з метою обрання варіанту модернізації ущільнювального вузла. Було розроблено нове конструктивне виконання ущільнення

Також у магістерській дисертації розглянуто відповідність розробленої конструкції машини вимогам охорони праці, виконано розробку стартап проекту та розділ монтажу та експлуатації роторного пластозмішувача.

Ключові слова: ПЛАСТОЗМІШУВАЧ, ГУМОЗМІШУВАЧ, ЗМІШУВАЛЬНА КАМЕРА, РОТОР, УЩІЛЬНЕННЯ ШИЙКИ РОТОРА, УЩІЛЬНЕННЯ.

ABSTRACT

Master's thesis on "Plastosmixel rotor with seals modernization" was developed. The purpose of the dissertation is to modernize the sealing assembly of the plastic mixer. The Master's Thesis contains an "Explanatory Note" consisting of 9 sections. The total volume of the master's thesis is: S., Fig., Table., sources and drawings

Plastosmesitel are widely used in the manufacture of polymer products. These units are costly to maintain, so the problem with eliminating the existing disadvantages of plasticizers, namely: difficulties in cleaning the machine, long time of the mixing process and unauthorized separation of the mixing mass through the seal, which leads to loss of material and the overall productive machine as a whole is relevant.

The object of the master's thesis is the process of arbitrary isolation of mixing material through the system of seals.

The dissertation contains the purpose and scope of the rotary blender. The paper presents the technical characteristics, the basic design is considered and the basic assemblies of the plastic mixer are described, parametric, kinematic and strength calculations are made, which confirm the operability of the basic design of the plastic mixer.

In the dissertation a literary search for the disadvantages of the basic design was performed. A patent review of the designs of the mixer was made in order to choose the option of upgrading the sealing unit. A new structural design of the seal was developed

Also in the master's thesis the conformity of the developed machine design with the requirements of labor protection was considered, the startup project was developed and the section on installation and operation of the rotary mixer.

Keywords: PLASTIC MIXER, MUSHROOM MIXER, MIXING CAMERA, ROTOR, ROTOR NECK SEALS, SEALS.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

G – продуктивність, кг/год;

ρ – щільність, кг/м³

V – напруга живлячої мережі, В;

N – потужність, кВт

D – діаметр, м;

$V_{\text{б}}$ – об'єм барабана, м³;

$n_{\text{б}}$ – число обертів барабана, об/хв;

$L_{\text{б}}$ – внутрішня довжина циліндричної частини барабана, м;

φ – коефіцієнт заповнення;

$\gamma_{\text{п}}$ – об'ємна вага пульпи, кг/м³;

E – модуль пружності, Н/м²;

Q – навантаження на стиск, Н;

$M_{\text{зг}}$ – згинальний момент, Н м;

$M_{\text{кр}}$ – крутний момент, Н м;

F – площа перетину стрижня, м²;

h – висота головки болта, м;

$f_{\text{б}}$ – площа одного болта, м²;

p – К.К.Д редуктора;

P – зусилля, Н;

ЗМІСТ

ВСТУП.....	57
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАСТОЗМІШУВАЧА	58
1.1 Технологія виготовлення ПВХ плівки	58
1.2 Опис конструкції базового обладнання, основні частини та принципу дії	61
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТОЗМІШУВАЧА.....	64
3 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД.....	65
3.1 Літературний огляд	65
3.1 Патентний огляд.....	65
4 ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНИХ МОДЕРНІЗАЦІЙ.....	73
5 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ БАЗОВОЇ МАШИНИ	75
5.1 Визначення продуктивності пластозмішувача	75
5.2. Розрахунок верхнього затвора.....	75
5.3 Розрахунок потужності приводу пластозмішувача.....	81
5.4 Розрахунок півкамери на вигин	82
5.5 Розрахунок боковини пластозмішувача	90
5.6 Розрахунок роторів.....	94
5.7 Розрахунок фундаментної плити пластозмішувача	100
6. ТЕХНОЛОГІЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ РОТОРНОГО ПЛАСТОЗМІШУВАЧА	105
7.РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	124
7.1 Опис проекту.....	124
7.2 Технологічний аудит ідеї проекту	127
7.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	127
7.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту.....	133
8.ОХОРОНА ПРАЦІ	137
8.1. Метеорологічні умови у виробничому приміщенні.....	137
8.2 Повітря робочої зони.....	139
8.3 Електробезпека	139
8.4 Промислове освітлення.....	141
8.5 Пожежна безпека	142

8.6. Розрахунок віброізоляції.....	144
8.7 Заходи безпеки при експлуатації устаткування.....	149
8.8 Охорона навколишнього середовища.....	150
9 МОДЕРНІЗАЦІЯ ВУЗЛА УЩІЛЬНЕНЬ.....	151
9.1 Розробка базового вузла ущільнення	151
9.1.1 Побудова 3D-моделі базового вузла ущільнення.....	151
9.1.2 Розрахунок базового вузла ущільнення в ANSYS	2
9.2 Розробка модернізованого вузла ущільнення «Спіраль»	3
9.2.1 Побудова 3D-моделі спірального вузла ущільнення	3
9.2.2 Розрахунок спірального вузла ущільнення в ANSYS	1
9.3 Розробка лабіринтного вузла ущільнення.....	1
9.3.1 Побудова 3D-моделі лабіринтного вузла ущільнення	1
9.3.2 Розрахунок спірального вузла ущільнення в ANSYS	1
ВИСНОВОК.....	3
ЛІТЕРАТУРА.....	4
ДОДАТОКИ.....	5

Виготовлення полімерних виробів в Україні зростає стабільно вже довгий час не тільки за кількістю типової продукції, а і за рахунок розширенню номенклатури виробництва. Унікальні властивості полімерів визначили настільки широке її застосування в різних галузях господарства та в побуті, що за рівнем розвитку полімерної промисловості в країні можна зробити висновки про стан її важкої індустрії.

Приготування композицій на основі полімерів є найбільш відповідальним й найбільш трудомістким процесом приготуванні пластмас у композитну сировину. Для виготовлення матеріалів використовують різноманітні види машин в залежності від поставленої задачі додають в суміш різноманітні компоненти для подальшого приготуванні в змішувачах безперервної дії, екструдери або пластосмішувачі. Для заданих експлуатаційних властивостей полімер змішують з різними інгредієнтами, які вводять у суміш у певному масовому співвідношенні та визначеній послідовності.

Якість композитного виробів здебільшого залежить від конструкції пластозмішувача, в якому відбувається процес гомогенізування суміші. Тому актуальним питанням є розробка нових апаратів та модернізація вже існуючих конструкцій.

Тому тема дипломного проекту відповідає вимогам сучасності.

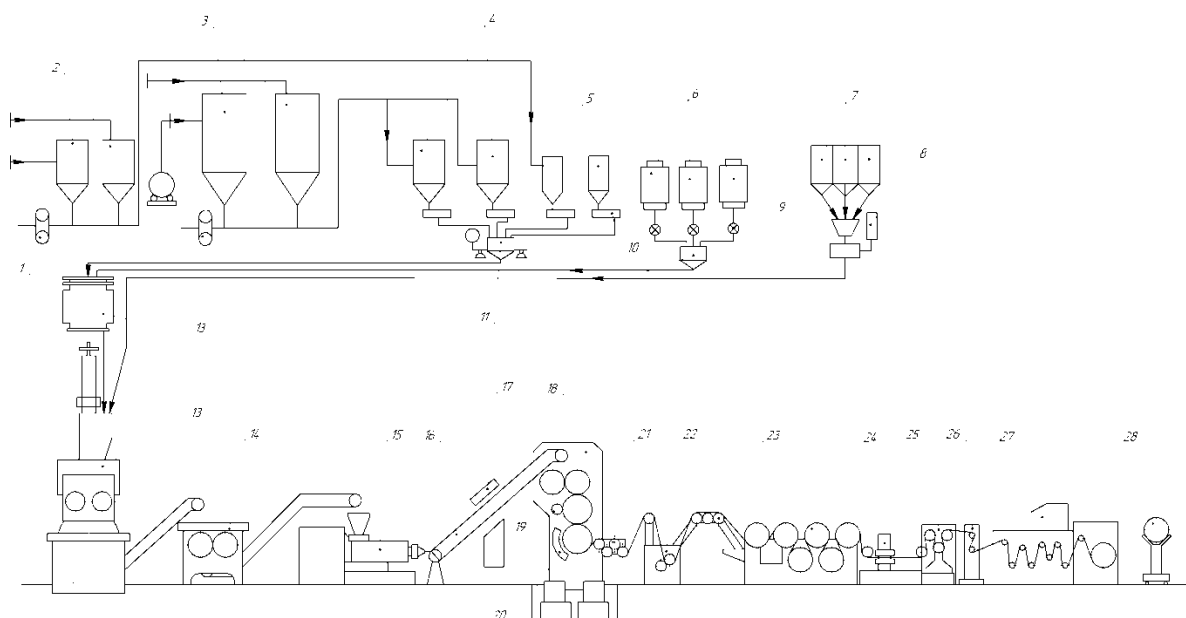
Метою дипломного проекту є розробка ущільнювального вузла, здійснення параметричного та розрахунків на міцність основних його вузлів і деталей, що підтверджують працездатність конструкції, а також виконання графічної частини, яка включає: загальний вигляд лінії, до складу якої входить пластозмішувач, загальний вигляд машини та основних його вузлів. Розробка модернізованого ущільнення.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАСТОЗМІШУВАЧА

Під час виробництва продукції с заданими властивостями полімеру використовують змішувач, який встановлений у потоковій технологічній лінії для виробництва полімерних сумішей, але може використовуватися і окремо поза лінією. Пластозмішувач є більш ефективними при змішуванні пластичних мас, також в деяких моментах можна прийняти рекомендації та досвід експлуатації гумозмішувачей через схожу конструкцію та принцип дії.

1.1 Технологія виготовлення ПВХ плівки

Технологічна схема агрегатної лінії для виробництва ПВХ плівок представлена на Рисунку 1.1 [1]



1 - пневмонасоси; 2 - наповнювачі; 3 – резервуар с основним матеріалом, 4 – резервуар; 5 – стабілізатори; 6 – пластифікатор; 7 – пігменти кольору; 8 - дозатор; 9 - витратомір; 10 –розвантажувальний механізм; 11 – автоматичні ваги; 12 – вехровий змішувач; 13 - закритий інтенсивний змішувач; 14 - листовальні вальці; 15 -екструдер; 16 – стрічковий конвеєр; 17 – обігрівач; 18 - каландр; 19 – обігрів каландра; 20 - товщиномір; 21 – багатовалковий пристрій; 22 - гладильний пристрій; 23 - охолоджуючі валки; 24 - вимірювальна станція; 25 - пост поздовжнього різання; 26 - компенсаторний пристрій; 27 - намотувальна станція; 28 – вагонець.

Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва ПВХ плівки

Базовий матеріал ПВХ просівають та автоматично направляється пневмонасосами 1 в резервуари 4. За допомогою розвантажувального механізму 10 відповідно вибраному рецепту відбувається наповнення полімером бункера автоматичних ваг 11. Після зважування ПВХ надходить в верховий змішувач 12.

Стабілізатори та наповнювачі з резервуарів 5 в кількостях, що відповідають рецептам, вимірюється за допомогою витратоміра 9, окремо змішують з пластифікаторами з резервуарів 6 в спеціальних змішальних пристроях до отримання рівномірної суспензії, яка фільтрується і затирається в коллоїдних або бісерних млинах.

Готова суспензія подається в дозатори 8, звідки під впливом тяжіння самостійно поступає в змішувач 12. Необхідні для фарбування плівки пігменти з резервуарів 7 готують окремо у вигляді однорідній пасти, що забезпечує їх подальший рівномірний розподіл в ПВХ суміші.

Особливо важливою операцією, що істотно впливає на багато в чому властивості готового виробу, є змішування компонентів, в процесі якого полімер, пластифікатори, стабілізатори, наповнювачі, пігменти і інші інгредієнти суміші необхідно ретельно перемішувати і пластифікувати до отримання однорідної гомогенної маси-пластиката. Для попереднього змішування використовують вихровий змішувач 12. У ньому готується «суха» маткова суміш полімера з раніше приготовленою суспензією стабілізаторів і наповнювачів в пластифікаторі (без пігментів і барвників) зазвичай протягом 4-5 хвилин, при цьому починається і процес пластозмішування ПВХ в псевдо розрідженому стані. Отримана маткова суміш потім передається в закритий інтенсивний змішувач періодичної або безперервної дії 13, в який входять і паста кольорових пігментів. В інтенсивному змішувачі відбувається щонайменше желинування, фарбування та гомогенізація композиції протягом 3-4 хвилин при підвищеній (110-160 °C) температурі і перетворенні її в пластикат. Для змішування використовують різні змішувальні машини такі, як змішувач безперервної дії, екструдери з планітарними шнеками або змішувачі періодичної дії.

Отриманий пластикат надходить в листовальні вальці 14 і потім в екструдер

15 для завершення гомогенізації системи. В іншому варіанті технологічної схеми замість екструдера можуть бути використані другі (нагріваючі) вальці, валки яких підігріваються до температури 160-170 °С.

Тривалість процесу обробки на нагрівальних вальцях визначається тривалістю процесу гомогенізації суміші в інтенсивному змішувачі. У виробничу лінію можуть бути також включені і поживні вальці, проте їх частіше поєднують з розігріваючими, розділяючи останні за допомогою спеціального пристосування на нагрівальні і поживні. В окремих випадках, для отримання тонких прозорих плівок, після вальців ставлять фільтри, які очищають суміш від сторонніх включень і неопрацьованих частинок.

З екструдера 15 (або з розігріваючих вальців) за допомогою поворотного загрузочного пристрою 16 (або хитним стрічковим конвеєром, над яким зазвичай встановлюють інфрачервоні випромінювачі для запобігання охолодженню) пластикат подається до верхнього зазору між валками Г- образного або до нижнього L- образного чотирьох валкового каландру 18 рівномірно розподіливши пластикат по всій завантажувальній частині вхідного зазору між валками каландра. Формування плівки відбувається при послідовному проходженні пластикату між валками каландра. ПВХ-пластикат, проходячи зазор між другим і третім валками каландра, розвальцовується до необхідної ширини та товщини. Температура валків каландра: першого і другого 150- 170 °С, третього і четвертого 160- 180 °С. Для забезпечення рівномірного прогріву плівки по всій ширині каландр забезпечений спеціальним пристроєм 19, який обігріває третій валок і вирівнює температуру по всій його довжині. Товщиномір 20, пов'язаний з механізмом подачі, встановлюється в безпосередній близькості нижнього валка каландра і призначається для контролю і автоматичного регулювання товщини плівки. на четвертому валці Каландра за допомогою круглих ножів проводиться обрізка крайок гарячого матеріалу, які повертаються в завантажувальну зону, а гаряча плівка спеціальним пристосуванням знімається з останнього валка Каландра.

Знімання виробу є відповідальною операцією, процес повинен проводитися так, щоб виникаючі при цьому розтягуючі напруження були по можливості мінімальні. Знімання матеріалу відбувається за рахунок того, що окружна швидкість

знімного валка багатовалкового пристрою 21 більше, ніж окружна швидкість останнього валка каландра.

Розташовані один над одним валки гладильного пристрою 22 повинні мати хромовані зовнішні поверхні. Один з валків гладильного пристрою може замінюватися теснільним валом, на поверхні якого наносять рельєфний орнамент, відповідний заданому малюнку тиснення.

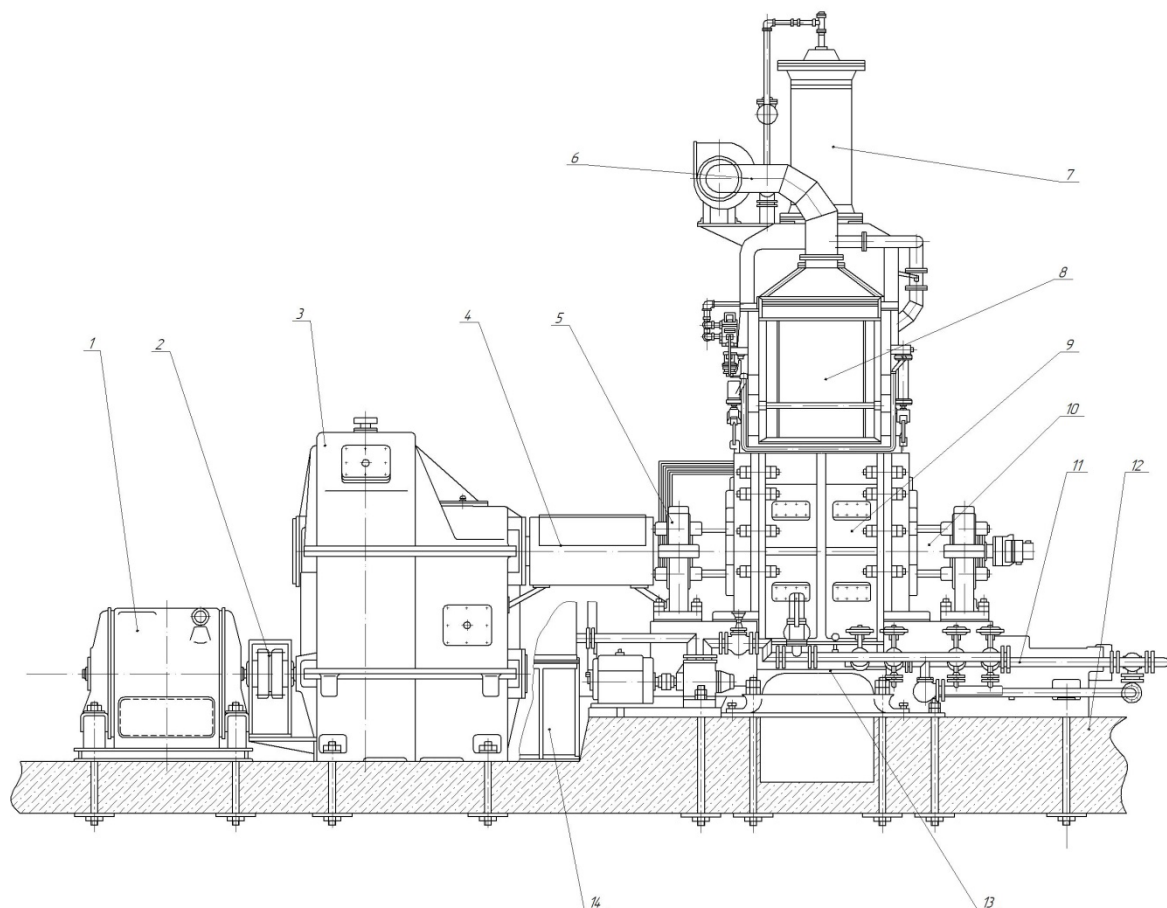
Тиснення може бути і на окремому теснільному каландрі. Подача плівки до охолоджуючих валкових пристроїв 23 здійснюється без натягу на роликовому конвеєрі, що сприяє подальшій релаксації внутрішніх напружень в плівці і підвищенню її якості. Потім плівка проходить вимірювальну станцію 24, де вимірюється профіль і товщина плівки. Станція здатна проводити додаткове автоматичне регулювання товщини плівки шляхом впливу на величину зазору між останніми валками каландра.

Після цього плівка надходить на подвійний пост поздовжнього різання 25 з вузлом віджимного різання для м'яких плівок і з відворотом кромek смуг. Через гальмівні валки 26, що забезпечують тимчасове накоплення матеріалу, вирівнювання швидкостей відбору та змотування в рулон плівки, плівка потрапляє на намотувальних станцію 27 з автоматичним вузлом для відрізання плівки, що забезпечує рівномірне змотування матеріалу в рулон необхідного метража. Готова плівка відвозиться на вагонетці 28

1.2 Опис конструкції базового обладнання, основні частини та принципу дії

В якості типової конструкції розглянемо пластозмішувач СП- 180 (Рисунок. 1.2).[2]

На фундаментній плиті 12 встановлений корпус камери змішування 9, який складається з двох півциліндрів з нижнім затвором 13; у верхній частині змішувальної камері розташовано завантажувальний бункер 8 та циліндр 7, який під час роботи пластозмішувача закривається. утворюючи замкнену камеру,



1-електропривід; 2-муфта; 3-блок-редуктор; 4-шарнірна муфта; 5- вузол підшипників ротора; 6-вентеляційна система; 7 – циліндр завантажувального механізму; 8 – завантажувальний бункер; 9 - корпус; 10-ротор; 11-система теплоносія; 12- фундаментна плита; 13 - пристрій нижнього затвору; 14 – насосна станція.

Рисунок 1.1 – Пластозмішувач типу СП-180

в якій розташовано два ротора 10, що обертаються назустріч один одному з різними швидкостями. Ротори встановлені на підшипниках кочення 5 і приводяться в рух від електропривода 1 ($N = 1250 \text{ кВт}$ при $n = 1500 \text{ об/хв}$, напруга 6000 В) через блок-редуктор 3 і шарнірну муфту 4. Підйом і опускання завантажувального затвора проводиться за допомогою вертикального пневмоциліндра. Для вивантаження матеріалу в нижній частині камери змішувача передбачено нижній затвор 13, що перекривається під час роботи за допомогою гідроприводу, що складається з станції гідроприводу з насосною установкою 14, газового гідроакумулятора, гідромотора, редукційного клапана і відповідних запірних і регулюючих пристроїв.

Газовий гідроакумулятор забезпечує швидке відкриття відкидний дверцята

розвантажувального пристрою, а також відкриття її в разі відключення електроенергії і зупинки насоса.

Змащення ущільнень роторів здійснюється масляним насосом високого тиску, що має 12 точок подачі мастила. Від 8 точок змащення безперервно подається на площині тертя кілець ущільнювачів.

Для змащення і охолодження підшипників роторів застосована станція рідкого мастила, що складається з шестерного маслонуасоса, пластинчастих фільтрів, резервуара та теплообмінників.

За допомогою маслонуасоса мастило надходить до підшипників роторів 5 під тиском. Кількість мастила, що подається в підшипники, регулюється краном. З підшипників масло зливається самотливом в резервуар, де піддається грубому очищенню.

Повітророзподільна і контрольно-регулююча пневматика розміщена в пилонепроникному шафі.

Для запобігання проникання пилу та газів через завантажувальні дверцята завантажувального бункера, над ним встановлена вентиляційна система 6.

Для вимірювання температури розплаву поліетилену в боковинах змішувальної камери встановлена термопара. Для підвищення довговічності внутрішня поверхня змішувальної камери, гребенів роторів, відкидних дверей розвантажувального пристрою і торцеві кільця камери змішувача наплавлені твердим нержавіючим сплавом. Ротори і вантаж верхнього затвора виготовлені зі сталевго нержавіючою лиття. Внутрішня поверхня завантажувального бункера хромована.

Змішувач розрахований на роботу в автоматичному чи напівавтоматичному циклі, передбачено також ручне управління процесами.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТОЗМІШУВАЧА

Технічні характеристики розглянутого пластозмішувача, СП-180[2]:, наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1-Технічна характеристика пластозмішувача

Об'єм змішувальної камери, мЗ	вільний	0,18
	робочий	0,15
Частота обертання роторів, об/хв (об/с):	швидкохідного	58,8 (0,98)
	тихохідного	50,2 (0,83)
Тиск на суміш, МПа		0,5
Фрикція		1,17
Електропривід	потужність, кВт	1250
	частота обертання, об/хв (об/с)	1500 (25)
	напруга, В	6000
Робочий тиск, МПа	стисненого повітря	0,6
	води	0,6
	пару	1,7
Габарити, мм:	довжина	5420
	висота	3950
	ширина	1760
Маса, кг, не більше		55000

3 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

3.1 Літературний огляд

Виконавши літературний огляд [1,2,13] було виявлено наступні недоліки пластозмішувачів:

- громісткість конструкції;
- тривалий час процесу змішування;
- низька продуктивність;
- труднощі для змішування високов'язких матеріалів;
- виділення матеріалу через ущільнення;
- складність с очисткою машини.

Для усунення виявлених недоліків було проведено-патентний огляд для пошуку відповідної модернізації пластозмішувача.

Проектована конструкція містить змішувальну камеру, боковини, ротори, завантажувальний та розвантажувальний пристрої.

Предметом пошуку є: 1) конструкція роторного змішувача; 2) змішувальна камера 3) конструкція роторів змішувача; 3)конструкція ущільнюючих вузлів; 4) конструкція завантажувального вузла 5) конструкція вивантаження; 6) пластозмішувач безперервної дії.

Суттєвими ознаками апарата є: змішувальна камера, ротори, завантажувальний та розвантажувальний пристрої.

3.1 Патентний огляд

Патентний пошук варіантів модернізацій базового устаткування проводився на наступних пошукових ресурсах:

- <http://www1.fips.ru>
- https://worldwide.espacenet.com/?locale=en_EP
- <http://base.ukrpatent.org/>
- <https://www.google.com/?tbn=pts>

Результати патентного огляду наведено в Додатку А. Для усунення недоліків конструкції було докладно розглянуто ряду патентів:

Авторами [3] запропоновано конструкцію роторного змішувача (Рисунок 3.1), який містить змішувальну камеру 2, ротор 1 з гвинтовими та очисною лопатями 3 та вібратор у вигляді порожнистого циліндра, встановленого на валу приводу через сферичний підшипник. Дана конструкція змішувача відрізняється тим, що змішувальна камера виконана з конічним днищем, а очисна лопать – з пружиною кручення, торцева кромка якої розміщена під кутом 15-30 до твірної конічного днища. Перевагами такої конструкції є те, що до конвективного змішування, яке створює обертання ротора, додається дифузійне змішування, створене вібратором, що призводить до інтенсифікації процесу змішування і скорочення часу його проходження.

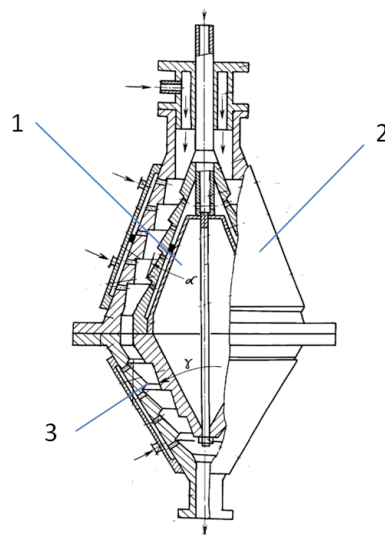


Рисунок 3.1 – Схема роторного змішувача

Недоліком даної конструкції є складність балансування вібратора.

Авторами [8] запропоновано конструкцію ущільнення (Рисунок 3.2), де нове виконання його ущільнювальних кілець підвищить гідравлічний опір завдяки лабіринтному ущільненню, вирішується тим, що в ущільнювальному пристрої шийки ротора змішувача пластмас і гумових сумішей, що містить закріплені на боковині змішувальної камери 2 й роторі 1 ущільнювальні кільця 3 з торцевими кільцевими виступами й западинами, при цьому кільцеві виступи кожного з

ущільнювальних кілець виконані для розміщення в западинах іншого ущільнювального кільця з утворенням лабіринтного ущільнення, де на горизонтальних ділянках виступів щонайменше одного ущільнювального кільця виконані кільцеві канавки.

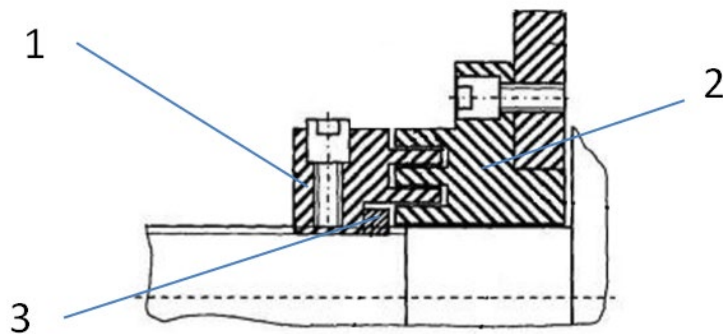


Рисунок 3.2 - Модернізована конструкція головки ущільнювального пристрою

Також розміщуване між зазначеними ущільнювальними кільцями дистанційне кільце 3 забезпечує потрібний проміжок для утворення лабіринтного ущільнення. Використанням модернізованої ущільнювальної шийки підвищить гідравлічний опір утворюваного ними лабіринтного ущільнення завдяки ефекту Вайссенберга, що істотно підвищить надійність ущільнювального пристрою в цілому.

Авторами [5] запропоновано корисна модель де підвищена ефективність гальмування потоку матеріалів і, тим самим, ефективність роботи лабіринтово-лункового ущільнення (Рисунок 3.3). Поставлену задачу вирішують тим, що в лабіринтово-лунковому ущільненні, яке містить камери гальмування у вигляді рядів серпоподібних лунок, розділених перемичками та розміщених у сусідніх рядах ті зміщенням по колу, згідно з корисною моделлю, серпоподібні лунки виконано із заниженням відносно ущільнювальної поверхні.

Виконання серпоподібних лунок гвинтовими нарізами сприяє додатковому насосному ефекту, що в свою чергу спонукає до більшому гальмуванню потоку суміші.

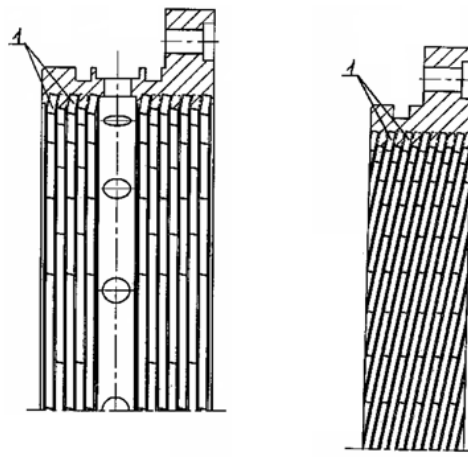


Рисунок 3.3 - Схема лабіринтово-лункове ущільнення

Авторами [6] запропоновано конструкцію ущільнювача в основу якого поставлено задачу в лабіринтному ущільненні (Рисунок 3.4), шляхом змінення його конструкції досягається тим, що в лабіринтному ущільненні, що містить обойму з паралельно розташованими ущільнювальними гребенями на внутрішній поверхності, які утворені рядами лунок, ряди лунок розташовані по гвинтовій лінії. Лунки можуть мати серпоподібну форму. Лунки можуть бути виконані однаковими по величині і розміщені у шаховому порядку відносно одна одної. У зв'язку з тим, що в заявленому лабіринтному ущільненні ряди лунок на обоймі розташовані по гвинтовій лінії, то в процесі обертання валу змулені частинки внаслідок дії перепаду тиску вільно переміщуються по гвинтовій лінії із робочої зони до торця обойми і далі у вільну зону низького тиску. Внаслідок цього, стає неможливим скоплення змулених частинок робочого середовища в лунках з подальшим їх закоксуванням, що забезпечує підвищення надійності роботи ущільнення. Серпоподібна форма лунок сприяє кращому вимиванню змулених частинок робочого середовища. Виконання лунок однаковими по величині і їх розміщення у шаховому порядку відносно одна одної забезпечує упорядковане переміщення робочого середовища між валом і обоймою, що сприяє кращому вимиванню змулених частинок з робочої зони.

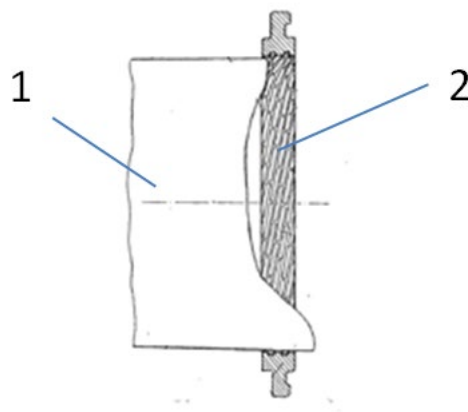


Рисунок 3.4 – Схема лабіринтового ущільнення

Авторами [7] запропоновано конструкцію лабіринтового ущільнення де профілізація периферійної поверхні розширювальних камер шляхом виконання у тілі обойми серпоподібних лунок (Рисунок 3.5) спричинила за собою вкрай обмежені можливості для використання оптимальних форм і параметрів ущільнювальних гребенів. Один з чинників найбільшої ефективності лабіринтового ущільнення - це наявність максимально тонкого ущільнювального гребеня. Але у разі виконання серпоподібних лунок у тілі обойми методом, наприклад, фрезерування практично неможливо сформувати тонкої і гострої робочої крайки ущільнювального гребеня. Крім цього, проаналізована конструкція не дозволяє на практиці розташовувати робочі крайки ущільнювальних гребенів під кутом назустріч потоку ущільнюваного середовища. Крім того, для виключення задиру ущільнювальних гребенів з валом, що обертається, таке лабіринтне ущільнення виконують цілком з кольорового металу, що при великих його розмірах веде до високих фінансових витрат. Кінець кінцем, не дивлячись на наявність певних переваг такого ущільнення відносно зменшення вібрації вала, що обертається, це лабіринтне ущільнення має високий коефіцієнт об'ємної витрати ущільнюваного середовища та високу вартість виготовлення.

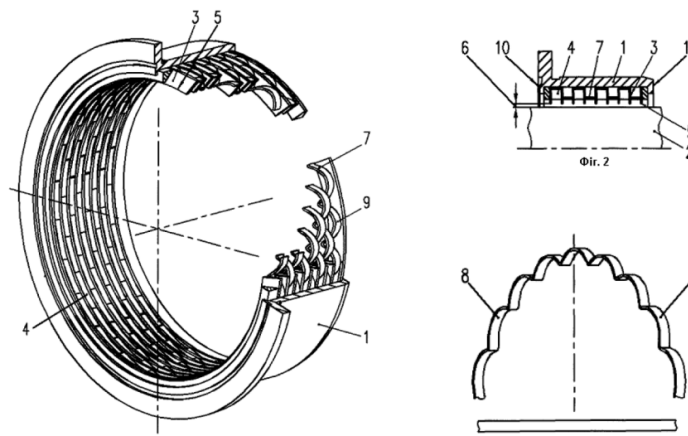


Рисунок 3.5 – Схема лабіринтового ущільнення

Авторами [8] запропоновано конструкцію лабіринтно-спірального типу ущільнення (Рисунок 3.6). Основними елементами якого є розбірна втулка з гвинтовою нарізкою 2 яка виконана одна на зустріч. Данна втулка щільно прилягає к валу 3 завдяки упорним болтам які спираються на розбирне штопорне кільце 1, яка закріплена на валу за допомогою шпоночного зв'язку. Корпус 4 також виконаний з двох частин для полегшення в обслуговуванні вузла. В самому корпусі виконані технологічні отвори завдяки яким можливе очищення без розбору вузла. Присутні отвори для теплоносія.

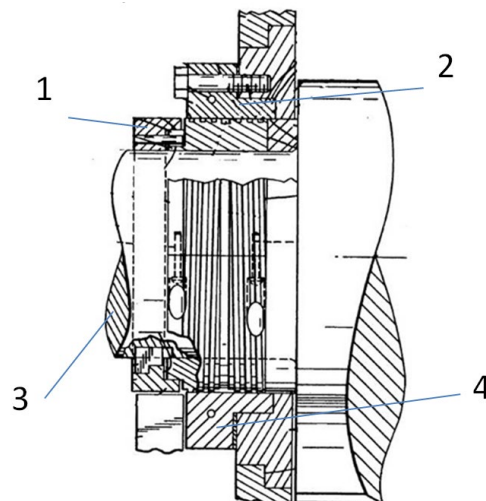


Рисунок 3.6 – Схема лабіринтного ущільнення

Недоліком є складність виготовлення гвинтової втулки.

Авторами [9] запропоновано конструкцію корпуса 1 змішувача, що містить змішувальну камеру з порожниною у вигляді двох співвісних каналів (Рисунок 3.7), які сполучені між собою по довжині, і з розташованими в них з можливістю обертання роторами 2, який відрізняється тим, що змішувальну камеру оснащено

двома додатковими співвісними каналами з розташованими в них з можливістю обертання роторами, при цьому сусідні канали змішувальної камери сполучені між собою по довжині. Простор в обмеженому каналами змішувальної камери, розміщене центральне тіло з можливістю переміщення в осьовому напрямку роторів і видалення за межі змішувальної камери.

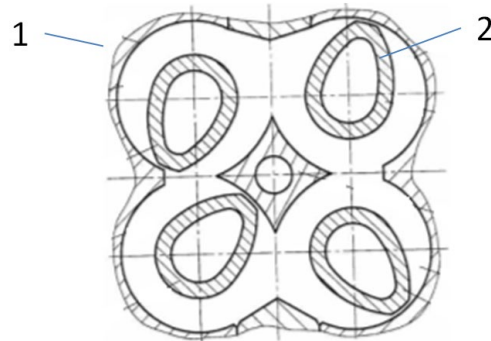


Рисунок 3.7 – Корпус з додатковими роторами

Одним з недоліків цього змішувача є відносно стабільна в часі гідродинаміка оброблюваної композиції, що певним чином знижує ефективність змішування, а також значна енерго- і матеріалоємність конструкції.

Авторами [10] запропоновано конструкцію роторів1 (Рисунок 3.8). Роторний змішувач, що містить змішувальну камеру з порожниною у вигляді двох співвісних каналів, які перетинаються між собою й закриті боковинами з боку їхніх круглих основ, а також розташованими в каналах з можливістю обертання один назустріч одному двома роторами, який відрізняється тим, що одну з основ кожного з каналів виконано більшою за іншу, а самі канали розташовано дзеркально один відносно одного. Або ж кожний з каналів виконано ступінчастим з плавним переходом між сусідніми ступенями абоконічним.

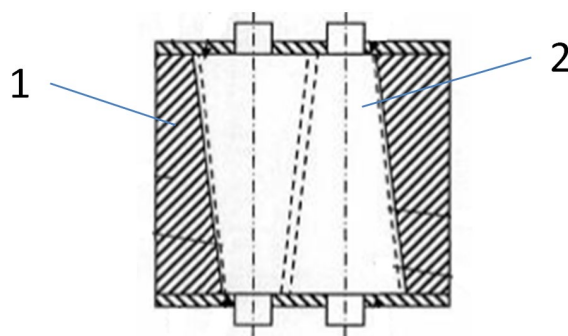


Рисунок 3.8 – Схеми розташування роторів у корпусі

Основним недоліком цього змішувача є незмінний у 20 часі характер руху оброблюваної композиції по довжині змішувальної камери, а отже - і невеликий змішувальний ефект.

Авторами [11] пропонується те, що кожний зі співвісних каналів у поперечному перерізі виконано у вигляді багатокутника. (Рисунок 3.9)

Одним з недоліків цього змішувача є постійний у часі характер руху оброблюваної композиції в проміжку між кожним з роторів і стінкою змішувальної камери, а отже - і невеликий змішувальний ефект. Внаслідок виконання кожного зі співвісних каналів 3 і 4 у поперечному перерізі у вигляді багатокутника характер руху оброблюваної композиції в зазначених проміжках стає пульсуючим, що суттєво підвищує як змішувальний, так і диспергувальний ефект змішувача.

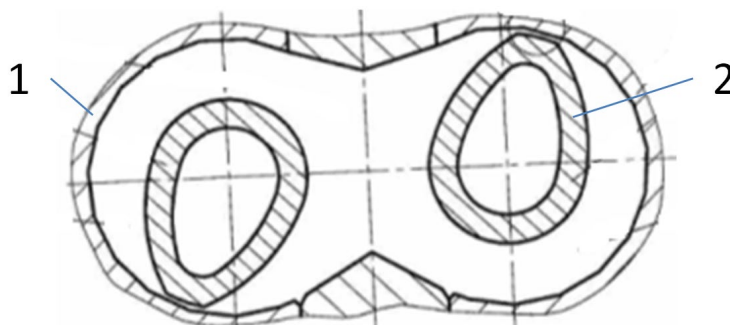


Рисунок 3.9 – Профільний розріз змішувальної камери

4 ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНИХ МОДЕРНІЗАЙЦІЙ

Одним з основних недоліків пластозмішувачів є труднощі під час очистки машини та самовільне виділення змішувальної маси через ущільнення, що призводить до втрат матеріалу. Для усунення цих недоліків пропонується модернізація конструкції торцевих ущільнень. Модернізація ущільнень пластозмішувача приведе до росту продуктивності машини, за рахунок зменшення втрат робочої суміші та зменшенню часу на очистку, а це в свою чергу збільшить загальну річну продуктивність машини.

Для вирішення поставленого завдання було обрано конструкцію запропоновану автором [8], де за основу взято виконання нового способу кріплення ущільнення, яке полегшує монтаж та демонтаж вузла, за рахунок роз'ємних деталей 1 (Рисунок 4.1); виконання технологічних отворів 4 для обслуговування. В даній конструкції запропоноване нове виконання ущільнювального кільця 2 яке підвищить гідравлічний опір завдяки спіральному виконанню канавок, які направлені на зустріч одне до одного, до центральної канавки 3, завдяки якому можливе виконання динамічного ущільнення: впорскується легкоплавкий матеріал через відповідні технологічні отвори в центральну канавку, яке поступово заповнює вільне простір та створює гідравлічний опір.

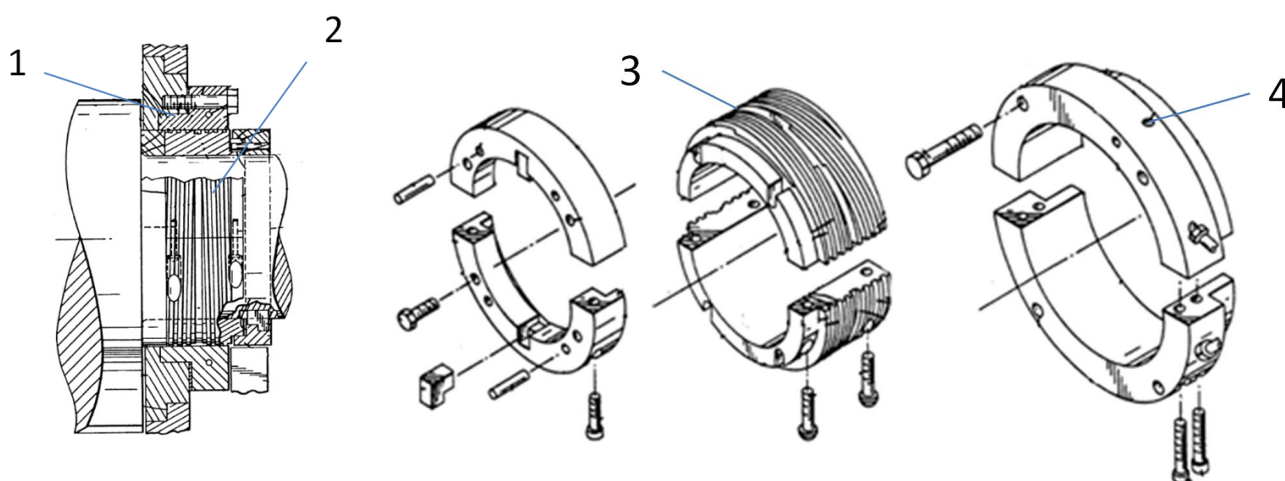


Рисунок 4.1 – Модернізована конструкція ущільнювального пристрою
гвинтового типу

В якості допоміжної модернізації було обрано конструкцію (Рисунок 4.2) наведений в патенті [4] на основі якій було проведено модернізацію ущільнюючого вузла. Суть модернізації полягає в тому, що під час роботи змішувача пластична суміш під тиском поступово надходить у лабіринтний проміжок, утворений ущільнювальними кільцями 1 та 2, але внаслідок ефекту Вайссенберга подальший її рух вздовж лабіринту ускладнюється. Затримці руху композиції також істотно сприяє і наявність кільцевих канавок 3, поступове заповнення яких оброблюваною сумішшю збільшує гідравлічний опір зазначеного лабіринту, тим самим підвищуючи надійність ущільнювального пристрою.

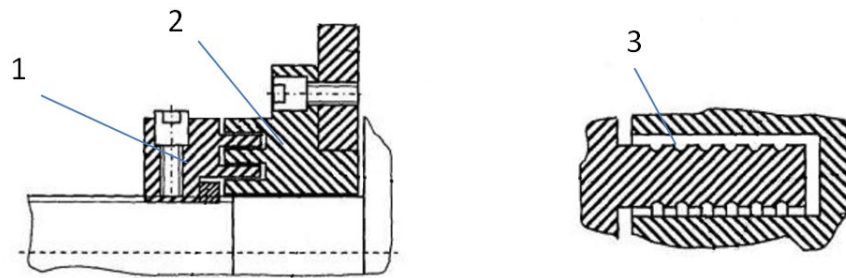


Рисунок 4.2 - Модернізована конструкція ущільнювального пристрою

Виходячи з раніше зазначеного, використання відповідних нововведень підвищення гідравлічного опору ущільнювального пристрою, суттєво полегшить монтаж/демонтаж, та подальше обслуговування вузла в цілому. Данна конструкція може використовуватися на різних відповідних машинах.

5 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ БАЗОВОЇ МАШИНИ

5.1 Визначення продуктивності пластозмішувача

Продуктивність пластозмішувача визначається за формулою [2]:

$$G = \frac{60 \cdot V_1 \cdot \rho \cdot \alpha}{\tau},$$

де $V_1 = 0,15 \text{ м}^3$ – об'єм одночасного завантаження;

$\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$ – щільність ПВХ суміші;

$\alpha = 0,85$ – коефіцієнт використання машинного часу ($\alpha = 0,8 \div 0,9$);

τ – тривалість циклу змішування.

Тривалість циклу змішування визначається за формулою:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 + \tau_6 + \tau_7,$$

де $\tau_1 = 18 \text{ с}$ – час завантаження змішувача матеріалів в змішувальну камеру;

$\tau_2 = 4 \text{ с}$ – час закриття затвору верхньої завантажувальної воронки;

$\tau_3 = 4 \text{ с}$ – час відкриття затвору верхньої завантажувальної воронки;

$\tau_4 = 300 \text{ с}$ – час змішування;

$\tau_5 = 9 \text{ с}$ – час закриття нижнього затвору змішувальної камери;

$\tau_6 = 8 \text{ с}$ – час відкриття нижнього затвору змішувальної камери;

$\tau_7 = 17 \text{ с}$ – час розвантажування змішувача.

Підставляючи чисельні значення в формули, отримаємо:

$$\tau = 18 + 4 + 4 + 300 + 9 + 8 + 17 = 360 \text{ с} = 6 \text{ хв};$$

$$G = \frac{60 \cdot 0,15 \cdot 1400 \cdot 0,85}{6} = 1785 \text{ кг/год}.$$

5.2. Розрахунок верхнього затвора.

Верхній затвор призначений для утворення в змішувальній камері

визначеного питомого тиску на робочу суміш, який необхідний для ефективного перемішування.

Верхній затвор розміщено під завантажувальним пристроєм і представляє собою пневмоциліндр зварної конструкції. Поршень ущільнюється поршньовими кільцями. До штока кріпиться груз, який являє собою фасонну відливку, оброблену під верхній отвір в змішувальній камері. Стисле повітря тиском $0,8\text{МПа}$ подається в верхню або нижню порожнину циліндра. У нижньому положенні поршня груз щільно закриває завантажувальний отвір в змішувальній камері. Шток ущільнюється двома сальниками, які вмонтовані в завантажувальний бункер. Верхній сальник ущільнює пневмоциліндр, нижній сальник перегороджує вихід пилу з змішувальної камери в момент опускання груза. Для пом'якшення ударів при русі поршня передбачено гумовий буфер і амортизація повітряними подушками..

Завантажувальний циліндр виконаний у зварно-литому виконанні:

циліндр виконано з безшовної труби, матеріал сталь 35, фланець з відливки – сталь 25Л. Тиск в циліндрі $p = 0,8\text{МПа}$.

Перевіряємо відношення для труб $D > 200$ мм по [2]:

$$\frac{S - c}{D} \leq 0,1$$

де $S = 1,6$ см – прийнята товщина стінки циліндра;

$c = 0,1$ см – прибавка до розрахункової товщини для компенсації корозії;

$D = 50$ см – внутрішній діаметр циліндра.

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$\frac{1,6 - 0,1}{50} = 0,03 < 0,1$$

Відповідно до чого застосовуються по [2] наступні розрахункові формули для кромок, навантажених внутрішнім надлишковим тиском.

Товщина стінки визначається з формули:

$$S_R = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p},$$
$$S \geq S_R + c,$$

де $p = 0,8 \text{ МПа}$ – робочий тиск; $[\sigma] = 116 \text{ МПа}$ – допустиме напруження видовження для матеріала стінки (сталь 35);

$\varphi_p = 1$ - коефіцієнт міцності зварного шва (труба безшовна).

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$S_R = \frac{0,8 \cdot 50}{2 \cdot 116 \cdot 1 - 0,8} = 0,173 \text{ см}; \quad S_R + c = 0,173 + 0,1 = 0,273 \text{ см}$$

$$S = 1,6 \text{ см}; \quad S = 1,6 \text{ см} > S_R + c = 0,273 \text{ см}.$$

Визначення допустимого внутрішнього надлишкового тиску.

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - c)}{D + (S - c)}$$

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$[p] = \frac{2 \cdot 116 \cdot 1 \cdot (1,6 - 0,1)}{50 + (1,6 - 0,1)} = 6,75 \text{ МПа};$$

$$p_{расч} = 0,8 \text{ МПа}; \quad p_{расч} = 0,8 \text{ МПа} < [p] = 6,75 \text{ МПа}.$$

При роботі штока (Рисунок 5.1) підлягає дії повздовжнього згину в нижньому крайньому положенні поршня. Верхній кінець штока закріплено в поршні і центрується двома сальниками. Нижній кінець штока шарнірно закріплено в грузі.

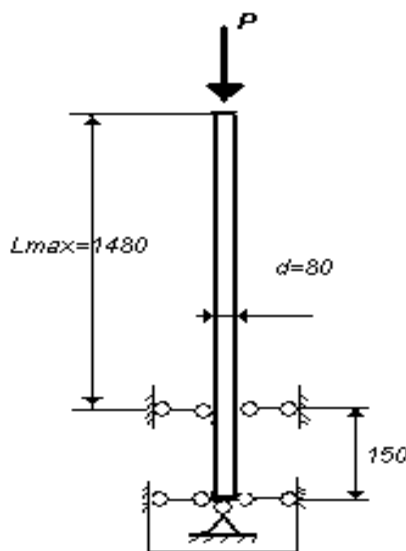


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема штока

Гнучкість штока визначається з формули [2]:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i},$$

де $\mu = 2$ – коефіцієнт закріплення штока;

$l = 148$ см – вільна довжина штока;

i – радіус інерції поперечного перерізу штока.

Радіус інерції поперечного перерізу штока визначається за формулою [12]:

$$i = \frac{d_{шт}}{4},$$

де $d_{шт} = 9$ см – діаметр штока.

Підставляючи чисельні значення в формули отримаємо:

$$i = \frac{9}{4} = 2.25 \text{ см}; \quad \lambda = \frac{2 \cdot 148}{2.25} = 131.5$$

Визначення критичної сили.

Оскільки $\lambda = 131.5 > 90$, то критичну силу визначають по формулі Ейлера:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot l^2},$$

де I – мінімальний момент інерції, який визначається за формулою:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64};$$

Підставляючи значення в формулу отримаємо:

$$I = \frac{3.14 \cdot 9^4}{64} = 322 \text{ см}^4;$$

$E = 2.1 \cdot 10^6 \text{ МПа}$ – модуль пружності для матеріала штока.

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$P_{кр} = \frac{3.14^2 \cdot 2.1 \cdot 10^6 \cdot 322}{4 \cdot 131.5^2} = 963870 \text{ Н}.$$

Визначення коефіцієнта запасу стійкості:

$$K_{\text{ц}} = \frac{P_{кр}}{P} \geq [K],$$

де $[K] = 1.8-3$ – допустимий коефіцієнт запасу стійкості; P – діюче зусилля.

Діюче зусилля визначається за формулою:

$$P = \frac{\pi \cdot D_{\text{вн}}^2}{4} \cdot p,$$

де $D_{\text{вн}} = 50$ см – внутрішній діаметр пневмоциліндра;

$p = 0,8$ МПа – робочий тиск.

Підставляючи чисельні значення в формули отримаємо:

$$P = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 800000 = 157000 \text{ Н}, \quad K_u = \frac{760940}{157000} = 4.84 > [K].$$

- Розрахунок кільцевого зварного шва.

Безшовна труба циліндра кінцями приварена до фланців Х-подібними стиковими швами.

Визначення напруження розтягу, яке діє на поперечний шов:

$$\sigma = \frac{P \cdot D}{4 \cdot \delta \cdot \varphi} \leq [\sigma]_p,$$

де $P = 0,8$ МПа – робочий тиск в циліндрі;

$\delta = 1,6$ см - товщина стінки циліндра;

$\varphi = 0,9$ - коефіцієнт міцності зварного шва;

$D = 40$ см – внутрішній діаметр циліндра;

$[\sigma]_p = 110$ МПа – допустиме напруження розтягу для зварного шва.

Підставляючи чисельні значення отримаємо:

$$\sigma = \frac{0,8 \cdot 40}{4 \cdot 1,6 \cdot 0,9} = 5,55 \text{ МПа} < [\sigma]_p = 110 \text{ МПа}.$$

- Розрахунок кришки

Кришку виготовлено з фасонного лиття сталь 25-Л.

Визначення товщини стінки кришки.

$$S_{1R} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot p}, \quad S_1 \geq S_{1R} + c.$$

При виконанні умов

$$0,002 \leq \frac{S_1 - c}{D} \leq 0,1,$$

де $S_1 = 2,5$ см – прийнята товщина стінки;

$c = 0,1$ см – похибка на корозію;

$D=50$ см – внутрішній діаметр кришки;

$$\frac{2,5-0,1}{50} = 0.048$$

$0,002 < 0.048 < 0,1$, – отже розрахункові формули застосовуються;

$p=0,8$ МПа – робочий тиск;

$R=50$ см – внутрішній радіус сферичної частини кришки;

$\varphi = 1$ – коефіцієнт міцності зварного шва;

$[\sigma]=73$ МПа – допустиме напруження для сталі 25Л.

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$S_{1R} = \frac{0,8 \cdot 50}{2 \cdot 73 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,8} = 0,27 \text{ см} = 0,27 \cdot 10^{-2} \text{ м},$$

$$S_{1R} + c = 0,27 + 0,1 = 0,37 \text{ см} = 0,37 \cdot 10^{-2} \text{ м},$$

$$S_1 = 2,5 \text{ см} > S_{1R} + c = 0,37 \text{ см}.$$

Визначення допустимого внутрішнього тиску

$$[P] = \frac{2 \cdot (S_1 - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{R + 0,5 \cdot (S_1 - c)},$$

де $S_1=2,5$ см – принята товщина стінки;

$c=0,1$ см – прибавка на корозію;

$R=50$ см – внутрішній радіус сферичної частини кришки;

$\varphi = 1$ - коефіцієнт міцності зварного шва;

$[\sigma]=73$ МПа – допустиме напруження для сталі 25Л.

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$[P] = \frac{2 \cdot (0,025 - 0,001) \cdot 1 \cdot 73}{0,5 + 0,5 \cdot (0,025 - 0,001)} = 7.4 \text{ МПа};$$

Робочий тиск $p = 0,8$ МПа .

$$p = 0,8 \text{ МПа} < [p] = 7.4 \text{ МПа}.$$

5.3 Розрахунок потужності приводу пластозмішувача

Мета розрахунку: визначити потужність приводу електродвигуна пластозмішувача періодичної дії.

Вихідні дані:

Частота обертання роторів, об/с:

швидкохідного z_1 0,58;

тихохідного z_2 0,50.

Внутрішній діаметр змішувальної камери D_0 , м 0,56.

Зазор між гребенем ротора та стінкою

змішувальної камери h_0 , м 0,0035.

Ширина кромки гребеня ротора δ , м 0,024.

Площа півкамери F , м² 0,31.

Довжина довгого гребеня ротора l_1 , м 0,657.

Довжина короткого гребеня ротора l_2 , м 0,405.

Динамічна в'язкість пластичної суміші μ , Па · с $0,26 \cdot 10^6$.

Реологічні константа пластичної суміші n 0,1.

Визначаємо середню частоту обертання роторів:

$$z_{cp} = \frac{z_1 + z_2}{2} = \frac{34,8 + 30}{2} = 32,4 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо потужність приводу електродвигуна пластозмішувача:

$$\begin{aligned} N &= 2\mu \left(\frac{\pi z_{cp}}{60} \right)^{n+1} \{ [l_1 (0,5^{n+1} + 0,865^{n+1}) + 2l_2 0,705^{n+1}] F + \left(\frac{D}{h_0} \right)^{n+1} h_0 \delta (l_1 + l_2) \} = \\ &= 2 \cdot 0,26 \cdot 10^6 \left(\frac{3,14 \cdot 32,4}{60} \right)^{0,1+1} + \{ [0,657 (0,5^{0,1+1} + 0,865^{0,1+1}) + \\ &+ 2 \cdot 0,405 \cdot 0,705^{0,1+1}] 0,31 + \left(\frac{0,56}{0,0035} \right)^{0,1+1} \cdot 0,0035 \cdot 0,024 (0,657 + 0,405) \} = 457 \text{ кВт.} \end{aligned}$$

Визначене значення потужності відноситься до сталого режиму в кінці процесу змішання.

Враховуючи перевантаження під час введення компонентів суміші до пластозмішувача, потужність електродвигуна визначається зі співвідношення:

$$N_{\text{дв}} = \frac{kN}{\eta},$$

де k – коефіцієнт перевантаження;

η – загальний коефіцієнт корисної дії:

$$\eta = \eta_m \eta_{\text{ред}} \eta_{\text{шм}} \eta_n^4 = 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,99 \cdot 0,99^4 = 0,857,$$

де η_i – ККД пружної пальцевої муфти;

$\eta_{\text{ред}}$ – ККД блок-редуктора;

$\eta_{\text{шм}}$ – ККД шарнірної муфти;

η_n – ККД сферичного дворядкового підшипника.

$$N_{\text{дв}} = \frac{1,5 \cdot 457}{0,857} = 800 \text{ кВт.}$$

Висновок: за результатами розрахунку встановлено синхронний двигун марки 2СДР-71ОУ-6-У3 потужністю 800 кВт та частотою обертання 1000 об/хв.

5.4 Розрахунок півкамери на вигин

Мета розрахунку: перевірити умову міцності при вигині, що виникає в змішувальній камері під час роботи змішувача. (Рисунку 5.3).

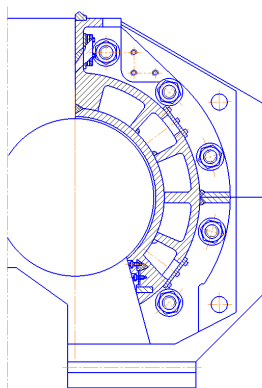


Рисунок 5.3 – Схема півкамери

Вихідні дані:

Допустиме напруження [19] для

Сталі 20ЛП ГОСТ 977-88 [σ], МПа 73.

Крутний момент, що діє на роторі $M_{рот}$, Н·м 200529.

Радіус фігурної частини ротора $R_{рот}$, м 0,277.

Кожна з півкамер працює на вигин під дією кільцевого зусилля P і на кручення від моменту M_T

Для визначення робочих напружень, що діють у корпусі півкамер, необхідно визначити осьові моменти інерції відносно осей $X-X$ та $Y-Y$.

Оскільки півкамера відносно симетрична відносно осі $X-X$ приймаємо, що її центр ваги лежить на осі $X-X$.

Розіб'ємо перетин на вісім ділянок. Знайдемо центр ваги перетину відносно осі $Y-Y$:

$$y_c = \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2 + F_3 y_3 + F_4 y_4 + F_5 y_5 + F_6 y_6 + F_7 y_7 - F_8 y_8}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 - F_8},$$

де F_i – площа ділянки;

y_i – координата центра ваги ділянки відносно осі $Y-Y$.

Визначимо площу кожної ділянки.

Площа першої ділянки:

$$F_1 = b_1 h_1 = 50 \cdot 215 \cdot 10^{-6} = 10,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

де b_1, h_1 – геометричні розміри першої ділянки.

Площа другої ділянки:

$$F_2 = b_2 h_2 = 230 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

де b_2, h_2 – геометричні розміри другої ділянки.

Площа третьої ділянки:

$$F_3 = \gamma(R^2 - r^2) = 1,919(380^2 - 280^2)10^{-6} = 12,67 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

де R – зовнішній радіус обичайки;

r – внутрішній радіус обичайки;

γ – половина кута сектора кута, рад.

Площа четвертої ділянки:

$$F_4 = \frac{b_4 + b'_4}{2} h_4 = \frac{75 + 55}{2} 190 \cdot 10^{-6} = 12,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де b_4, b'_4, h_4 – геометричні розміри четвертої ділянки (має трапецієвидну форму).

Площа п'ятої ділянки:

$$F_5 = \frac{b_5 + b'_5}{2} h_5 = \frac{45 + 40}{2} 190 \cdot 10^{-6} = 8,075 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де b_5, b'_5, h_5 – геометричні розміри п'ятої ділянки (має трапецієвидну форму).

Площа шостої ділянки:

$$F_6 = b_6 h_6 = 45 \cdot 190 \cdot 10^{-6} = 8,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де b_6, h_6 – геометричні розміри шостої ділянки.

Площа сьомої ділянки:

$$F_7 = \frac{b_7 + b'_7}{2} h_7 = \frac{160 + 50}{2} 310 \cdot 10^{-6} = 32,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де b_7, b'_7, h_7 – геометричні розміри сьомої ділянки (має трапецієвидну форму).

Площа восьмої ділянки:

$$F_8 = n \frac{\pi d^2}{4} = 20 \frac{3,14 \cdot 32^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 16,07 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

$$F'_8 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 32^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 0,804 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де n – кількість отворів;

d – діаметр отвору.

Знайдемо y_i – координату центра ваги кожної ділянки відносно осі У-У.

$$y_1 = \frac{h_1}{2} = \frac{215}{2} 10^{-3} = 107,5 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_2 = \frac{h_2}{2} = \frac{40}{2} 10^{-3} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_3 = \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \cdot \frac{\sin \gamma}{\gamma} = \frac{2(380^3 - 280^3)10^{-3} \sin 110}{3(380^2 - 280^2)1,919} = 162,8 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_4 = y'_4 + R + a = (90,1 + 380 + 130)10^{-3} = 600,1 \text{ м},$$

де y'_4 – координата центра ваги ділянки F_4 ,

$$y'_4 = \frac{h_4}{3} \cdot \frac{b_4 + 2b'_4}{b_4 + b'_4} = \frac{190(75 + 2 \cdot 55)10^{-3}}{3(75 + 55)} = 90,1 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

a – відстань від центру O до осі $Y-Y$.

Ребро F_5 розташоване під кутом 45° до осі $X-X$.

$$y'_5 = \frac{h_5}{3} \cdot \frac{b_5 + 2b'_5}{b_5 + b'_5} = \frac{190(45 + 2 \cdot 40)10^{-3}}{3(45 + 40)} = 93 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y''_5 = y'_5 + R = (93 + 380)10^{-3} = 473 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y'''_5 = y''_5 \cos 45^\circ = 473 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7071 = 335,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Ребро F_6 розташоване під кутом 31° до осі $X-X$.

$$y'_6 = \frac{h_6}{2} = \frac{190}{2}10^{-3} = 95 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y''_6 = y'_6 + R = (95 + 380)10^{-3} = 475 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y'''_6 = y''_6 \cos 31^\circ = 475 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8572 = 407 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

$$y'_7 = \frac{h_7}{3} \cdot \frac{b_7 + 2b'_7}{b_7 + b'_7} = \frac{310(160 + 2 \cdot 50)10^{-3}}{3(160 + 50)} = 127,9 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y''_7 = h_7 - y'_7 = (310 - 127,9)10^{-3} = 182,1 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_7 = y''_7 - \frac{b_7}{4} + a = \left(182,1 - \frac{160}{4} + 13\right)10^{-3} = 272,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Знайдемо відстань від центра ваги кожного отвору до осі $Y-Y$.

$$y'_{81} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 10^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1736 = 58,16 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

де R – радіус розташування отворів;

α – кут розташування отворів відносно осі $Y-Y$.

$$y_{81} = a - y'_{81} = (130 - 58,16)10^{-3} = 71,84 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

$$y_{82} = a = 130 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

$$y'_{83} = y'_{81} = 58,16 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{83} = y'_{83} + a = (58,16 + 130)10^{-3} = 188,2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{84} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 20^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,342 = 114,6 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{84} = y'_{84} + a = (114,6 + 130)10^{-3} = 244,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{85} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 30^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 = 167,5 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{85} = y'_{85} + a = (167,5 + 130)10^{-3} = 297,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{86} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 40^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,643 = 215,3 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{86} = y'_{86} + a = (215,3 + 130)10^{-3} = 345,3 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{87} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 50^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,766 = 256,6 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{87} = y'_{87} + a = (256,6 + 130)10^{-3} = 386,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{88} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 60^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,866 = 290,1 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{88} = y'_{88} + a = (290,1 + 130)10^{-3} = 420,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{89} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 70^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9397 = 314,8 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{89} = y'_{89} + a = (314,8 + 130)10^{-3} = 444,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{810} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 80^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9848 = 329,9 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{810} = y'_{810} + a = (329,9 + 130)10^{-3} = 459,9 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y'_{811} = R_{cp} \sin \alpha = 335 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 90^\circ = 335 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 335 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$y_{811} = y'_{811} + a = (335 + 130)10^{-3} = 465 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{812} = y_{810} = 459,9 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{813} = y_{89} = 448,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{814} = y_{88} = 420,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{815} = y_{87} = 386,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{816} = y_{86} = 345,3 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{817} = y_{85} = 297,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{818} = y_{84} = 246,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{819} = y_{83} = 188,2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$y_{820} = y_{82} = 130 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Обчислимо центр ваги перетину відносно осі $Y-Y$ за формулою 4.1:

$$y_c = \frac{10,75 \cdot 107,5 + 9,2 \cdot 20 + 126,7 \cdot 162,8 + 12,35 \cdot 600,1 + 8,075 \cdot 33,58 + 8,55 \cdot 407}{10,75 + 9,2 + 126,7 + 12,35 + 8,075 + 8,55 + 32,55 - 16,077} + \\ + \frac{32,55 \cdot 272,1 + 16,077(71,84 + 130 \cdot 2 + 188,2 \cdot 2 + 244,6 \cdot 2 + 297,5 \cdot 2 + 345,3 \cdot 2 + \\ + 386,6 \cdot 2 + 420,1 \cdot 2 + 444,8 \cdot 2 + 459,9 \cdot 2 + 465)}{10^{-3}} = 204,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Момент інерції перетину відносно осі $y_c - y_c$:

$$I_y = (I_{y1} + a_1^2 F_1) + (I_{y2} + a_2^2 F_2) + (I_{y3} + a_3^2 F_3) + (I_{y4} + a_4^2 F_4) + \\ + (I_{y5} + a_5^2 F_5) + (I_{y6} + a_6^2 F_6) + (I_{y7} + a_7^2 F_7) - (I_{y8} + a_8^2 F_8) \quad (4.2)$$

Розрахуємо момент інерції кожної ділянки:

Момент інерції для ділянки F_1 :

$$I_{y1} = \frac{b_1 h_1^3}{12} = \frac{50 \cdot 215^3}{12} 10^{-12} = 41,41 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент інерції для ділянки F_2 :

$$I_{y2} = \frac{b_2 h_2^3}{12} = \frac{230 \cdot 40^3}{12} 10^{-12} = 1,23 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент інерції для ділянки F_3 :

$$I_{y3} = \frac{R^4 - r^4}{8} \left(2\gamma + \sin 2\gamma - \frac{32 \sin^2 \gamma}{9\gamma} \right) = \frac{380^4 - 280^4}{8} \left(2 \cdot 1,919 + \sin^2 110^\circ - \frac{32 \sin^2 110^\circ}{9 \cdot 1,919} \right) = \\ = \frac{380^4 - 280^4}{8} \left(2 \cdot 1,919 + (0,9397)^2 - \frac{32(0,9397)^2}{9 \cdot 1,919} \right) 10^{-12} = 2865,84 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

Момент інерції для ділянки F_4 :

$$I_{y4} = \frac{h_4^3 (b_4^3 + 4b_4 b_4' + b_4'^2)}{36(b_4 + b_4')} = \frac{190^3 (55^3 + 4 \cdot 55 \cdot 75 + 75^2)}{36(55 + 75)} 10^{-12} = 56,81 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент інерції ділянки F_5 Так як елемент F_5 по своїй формі є трапецією, яка нахилена під кутом 45° до осі $Y-Y$, зробимо заміну трапеції еквівалентним прямокутним перетином $b_5 \times h_5 = 42,5 \times 190 \text{ м}^2$.

Знайдемо момент інерції відносно осі $Y-Y$ для еквівалентного перетину:

$$I_{y5} = \frac{b_5 h_5^3}{12} (h_5^2 \cos^2 45^\circ + b_5^2 \sin^2 45^\circ) = \frac{42,5 \cdot 190}{12} (190^2 (0,7071)^2 + 42,5^2 (0,7071)^2) 10^{-12} = 12,754 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

Момент інерції для ділянки F_6 :

$$I_{y6} = \frac{b_6 h_6^3}{12} (h_6^2 \cos^2 \alpha + b_6^2 \sin^2 \alpha) = \frac{45 \cdot 190}{12} (190^2 (0,515)^2 + 45^2 (0,857)^2) 10^{-12} = 7,88 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4,$$

де α – кут нахилу ребра до осі $Y-Y$.

Момент інерції для ділянки F_7 :

$$I_{y7} = \frac{h_7^3 (b_7^2 + 4b_7 b_7' + b_7'^2)}{36(b_7' + b_7)} = \frac{310^3 (160^2 + 4 \cdot 160 \cdot 50 + 50^2)}{36(160 + 50)} 10^{-12} = 236,83 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент інерції для ділянки F_8 :

$$I_{y8} = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 32^4}{64} 10^{-12} = 0,0514 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Визначаємо величини $a_1 - a_8$:

$$a_i = y_c - y_i, \quad (4.3)$$

де y_c – координата центра ваги всього перетину відносно осі $Y-Y$;

y_i – відстань від центра ваги кожної ділянки до осі $Y-Y$.

$$a_1 = y_c - y_1 = (204,6 - 107,5) 10^{-3} = 97,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_2 = y_c - y_2 = (204,6 - 20) 10^{-3} = 184,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_3 = y_c - y_3 = (204,6 - 162,8) 10^{-3} = 41,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_4 = y_c - y_4 = (204,6 - 600,1) 10^{-3} = -395,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_5 = y_c - y_5 = (204,6 - 33,58) 10^{-3} = 171,02 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_6 = y_c - y_6 = (204,6 - 407) 10^{-3} = -202,4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_7 = y_c - y_7 = (204,6 - 272,1) 10^{-3} = -67,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$a_8 = \sum_{i=1}^{20} y_c - y_{8i} = [(204,6 - 71,84) + (204,6 - 130)2 + (204,6 - 188,2)2 + \\ + (204,6 - 244,6)2 + (204,6 - 297,5)2 + (204,6 - 345,3)2 + (204,6 - 386,6)2 + \\ + (204,6 - 420,1)2 + (204,6 - 444,8)2 + (204,6 - 459,9)2 + (204,6 - 465)]10^{-3} = \\ = -1687 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

За формулою (4.2) розрахуємо сумарний момент інерції відносно осі $y_c - y_c$:

$$I_y = (41,41 + 91,7^2 \cdot 10,75)10^{-3} + (1,23 + 184,6^2 \cdot 9,2)10^{-3} + \\ + (2865,84 + 41,8^2 \cdot 126,7)10^{-3} + (36,81 + (-395,5)^2 \cdot 12,35)10^{-3} + \\ + (12,754 + 171,02^2 \cdot 8,075)10^{-3} + (7,88 + (-202,4)^2 \cdot 8,55)10^{-3} + \\ + (236,83 + (-67,5)^2 \cdot 32,55)10^{-3} - (0,0514 + (-1687)^2 \cdot 16,077)10^{-3} = 5975,36 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

Напруження вигину, що виникає в крайніх точках перетину:

$$\sigma_{виг} = \frac{M_{виг}}{I_y} \rho,$$

де $M_{виг}$ – вигинаючий момент, що діє в перетині;

ρ – відстань від центру ваги перетину до найбільш віддалених точок;

$$\rho_1 = 0,2046 \text{ м}, \rho_2 = 0,3054.$$

Максимальне колове зусилля, що діє на ротор:

$$P = \frac{M_{пот}}{R_{пот}} = \frac{200529}{0,277} = 785920 \text{ кН.}$$

Вигинаючий момент, що діє на камеру:

$$M_{изг} = P \frac{l}{4} = 785920 \frac{0,88}{4} = 172902 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де l – довжина змішувальної камери.

Напруження вигину в верхніх розтягнутих волокнах:

$$\sigma_{изг} = \frac{172902}{5975,36 \cdot 10^{-6}} 0,305 = 8,8 \text{ МПа.}$$

Напруження вигину в нижніх розтягнутих волокнах:

$$\sigma'_{изг} = \frac{172902}{5975,36 \cdot 10^{-6}} 0,205 = 6 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{изг} < [\sigma]; \sigma'_{изг} < [\sigma].$$

Умова міцності виконується.

Висновок: в ході розрахунку півкамери на вигин було визначено напруження, що виникає під час роботи змішувача в змішувальній камері від дії вигинаючого моменту. Розрахункове значення напруження не перевищує допустиме значення, що забезпечує надійність та міцність конструкції.

5.5 Розрахунок боковини пластозмішувача

Мета розрахунку: перевірити елементи боковини на міцність в робочому та аварійному стані. (Рисунку 5.3)

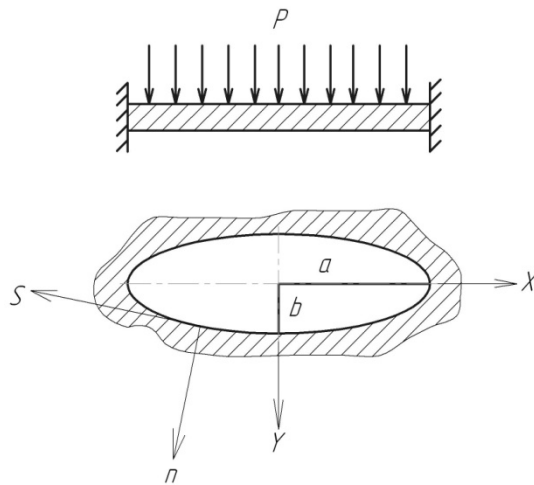


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема

Вихідні дані:

Внутрішній тиск p , МПа	1,32.
Модуль пружності під час розтягу E , МПа	0,21.
Товщина пластини h , м	0,09.
Допустиме напруження для	
Сталі 20ЛП ГОСТ 977-88 $[\sigma]$, МПа,	73.
Крутний момент, що діє на роторі $M_{кр}$, Н·м	200529.
Радіус фігурної частини ротора R , м	0,277.
Коефіцієнт Пуассона, μ	0,3.
Коефіцієнт опору, μ_{it}	0,15.
Границя плинності σ_T , МПа,	240.

1 Боковина - елемент з сторони торцевої стінки, що з'єднує два півциліндра в єдиний вузол – змішувальну камери.

2 Розглянемо боковину як еліптичну пластину (Рисунок 5.3), вільно обперту по контуру і рівномірно навантажену по всій поверхні.

Найбільш напружена точка пластини розташована на кінці малої півосі

$$(x = 0, y = \pm b).$$

Жорсткість вигину:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} = \frac{0,21 \cdot 10^6 \cdot 0,09^3}{12(1-0,3^2)} = 14 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Центральний прогин:

$$W_0 = \frac{P}{D \left(\frac{24}{a^4} + \frac{16}{a^2 b^2} + \frac{24}{b^4} \right)} = \frac{1,32}{14 \left(\frac{24}{0,85^4} + \frac{16}{0,85^2 \cdot 0,505^2} + \frac{24}{0,505^4} \right)} = 1,88 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

Обчислимо вигинаючи моменти в напруженій точці:

$$M_x = -\frac{8\mu W_0 D}{b^2} = -\frac{8 \cdot 0,3 \cdot 1,88 \cdot 10^{-4} \cdot 14}{0,505^2} = -0,0248 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_y = -\frac{8W_0 D}{b^2} = -\frac{8 \cdot 1,88 \cdot 10^{-4} \cdot 14}{0,505^2} = -0,0826 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо напруження, що виникають в боковині внаслідок дії вигинаючих моментів:

$$\sigma_x = \frac{6M_x}{h^2} = -\frac{6 \cdot 0,0248}{0,09^2} = -18,37 \text{ МПа},$$

$$\sigma_y = \frac{6M_y}{h^2} = -\frac{6 \cdot 0,0826}{0,09^2} = -61,19 \text{ МПа}.$$

Умова міцності за четвертою гіпотезою:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right]} \leq [\sigma], \quad (4.5)$$

де $\sigma_1 = 0$; $\sigma_2 = -18,37$; $\sigma_3 = -61,19$.

Розрахуємо еквівалентне напруження:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[(0 + 18,37)^2 + (61,19 - 18,37)^2 + (-61,19 - 0)^2 \right]} = 54,3 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{екв} < [\sigma].$$

Умова міцності виконується.

Розглянемо аварійний випадок.

У випадку заклинювання роторів між ними виникає розпірне зусилля, яке передається на обійми підшипників. Ескіз боковини зображено на рисунку 4.5.

Схема навантаження обійми підшипника показана на рисунку 4.6, а сема дії сил при заклинюванні (Рисунку 5.4).

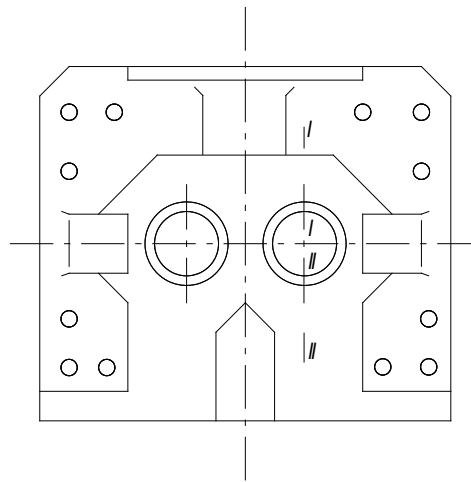


Рисунок 5.4 – Ескіз боковини

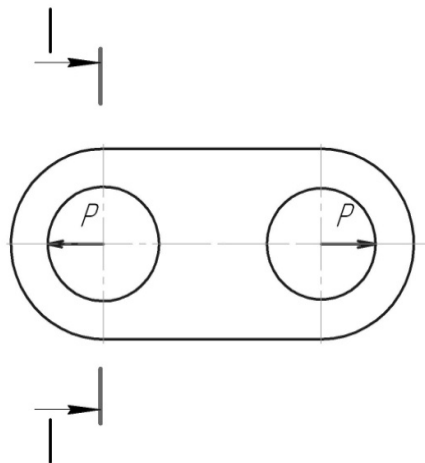


Рисунок 5.5 – Схема навантаження обійми підшипника

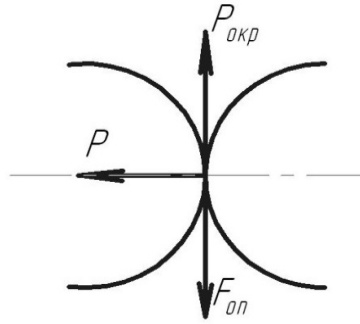


Рисунок 5.6 – Схема дії сил при заклинюванні

Колове зусилля на роторі:

$$P_{окр} = \frac{M_{кр}}{R}$$

Так як виникає заклинювання, то $P_{окр} < F_{он}$.

Приймаємо:

$$F_{он} = \mu_{он} P$$

де P – розпірне зусилля,

$$P = \frac{M_{кр}}{\mu_{он} R} = \frac{200529}{0,15 \cdot 0,277} = 5145900 \text{ Н.}$$

Напруження розтягу в перетині I–I:

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{5145900}{0,033} = 155,9 \text{ МПа,}$$

де F – площа повздовжнього перетину в перетині I–I.

Так як випадок заклинювання – аварійний і дія його нетривала, то допустиме напруження визначається наступним чином:

$$[\sigma] = 0,8\sigma_T = 0,8 \cdot 240 = 192 \text{ МПа.}$$

$$\sigma < [\sigma].$$

Умова міцності виконується.

Висновок: в ході розрахунку боковини пластозмішувача на міцність були визначені напруження, що виникають під час роботи і в аварійному випадку, під час заклинювання роторів. Значення розрахункових напружень не перевищують

допустимі значення, що забезпечує міцність і надійність конструкції.

5.6 Розрахунок роторів

Розрахунок ротора на міцність проводимо по номінальній потужності встановленого електродвигуна з врахуванням ККД приводу.

Загальний коефіцієнт корисної дії визначається з формули [2]:

$$\eta = \eta_m \cdot \eta_p \cdot \eta_{ш} \cdot \eta_n,$$

Де $\eta_m = 0,98$ - ККД пружної пальцевої муфти; $\eta_p = 0,92$ - ККД редуктора;

$\eta_{ш} = 0,98$ - ККД шарнірної муфти; $\eta_n = 0,99$ – ККД сферичного ролікопідшипника.

Підставляючи чисельні значення в формулу одержуємо:

$$\eta = 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 0,875.$$

Визначення загальної потужності, яку споживають ротора.

$$N = N_{ел} \cdot \eta,$$

де $N_{ел} = 630$ кВт - потужність електродвигуна.

Підставивши чисельні значення в формулу отримаємо:

$$N = 630 \cdot 0,875 = 551 \text{ кВт}.$$

Визначення зусиль при споживанні потужності одним ротором.

Визначення крутячого моменту на роторі з формули [3]:

$$M_{кр} = 97400 \frac{N}{n},$$

де $N=551$ кВт - потужність, яку споживає ротор; $n=25$ об/хв – частота обертання ротора.

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$M_{кр} = 97400 \frac{551}{25} = 2147670 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначення навантаження, яке діє на фігурну частину ротора (Рисунок 5.7).

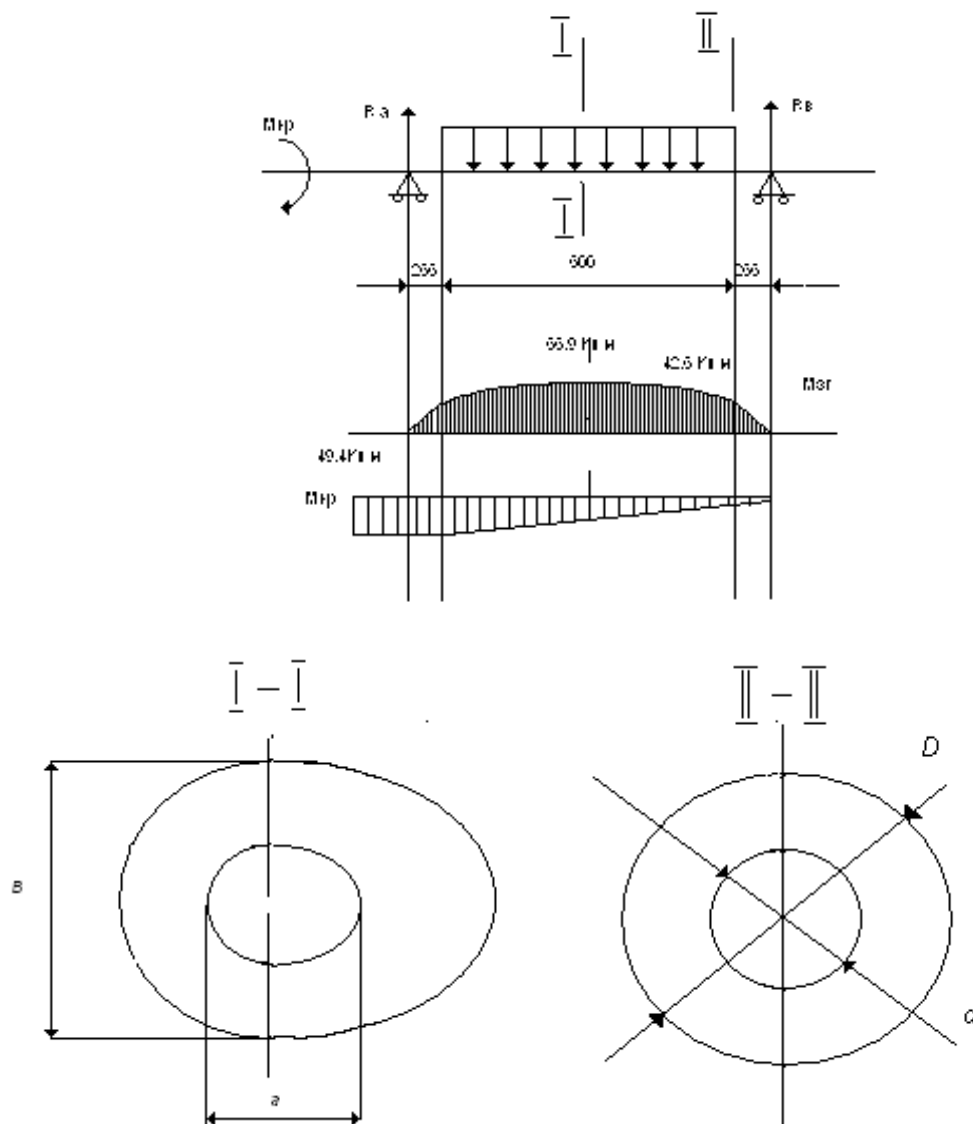


Рисунок 5.7. Розрахункова схема ротора.

На фігурну частину ротора діють:

а). Крутячий момент.

$$M_{кр} = 2147670 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

б). Рівномірно розподілене навантаження від дії маси, що переміщується.

$$q_m = \frac{M_{ром}}{R \cdot l_1},$$

де $R = 27,7$ см – радіус фігурної частини ротора; $l_1 = 80,6$ см – довжина фігурної частини ротора.

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$q_m = \frac{2147670}{0,277 \cdot 0,806} = 9619505 \frac{H}{м}.$$

в). Рівномірно розподілене навантаження від дії завантажувального циліндра.

$$q_u = \frac{Q}{2 \cdot l_1},$$

де Q – зусилля, яке розвиває загрузочний циліндр.

Зусилля, яке розвиває загрузочний циліндр визначається за формулою:

$$Q = P \cdot F_u,$$

де F_u – площа циліндра.

Площа циліндра визначається за формулою:

$$F_u = \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

де $D=50$ см – внутрішній діаметр циліндра.

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$F_u = \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} = 1962 \text{ см}^2 = 0,1962 \text{ м}^2;$$

де $p = 0,8 \text{ МПа}$ – тиск в середині циліндра.

Підставляючи чисельні значення в формули отримаємо:

$$Q = 800000 \cdot 0,1962 = 156960 \text{ Н}; \quad q_u = \frac{156960}{2 \cdot 0,806} = 97369 \frac{H}{м}.$$

Повне розподілене навантаження, яке діє на фігурну частину ротора визначається з формули:

$$q = q_m + q_u$$

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$q = 9619505 + 97369 = 9716874 \frac{H}{м}.$$

Визначення реакцій на опорах.

Реакції на опорах (без врахування ваги ротора) рівні по [3]:

$$R_A = R_B = \frac{q \cdot l_1}{2},$$

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$R_A = R_B = \frac{9716874 \cdot 0,806}{2} = 3915900H.$$

Визначення напружень в роторі від зовнішнього навантаження.

В зв'язку з відсутністю концентратора напружень приймаємо крутячий момент рівним $1,3 M_{\text{ном}}$.

Напруження згину в перерізі I-I визначається за формулою [3]:

$$\sigma_I = \frac{1,3 \cdot M_I}{W_I},$$

де M_I - згинаючий момент в перерізі I-I.

Згинаючий момент в перерізі I-I визначається за формулою [3]:

$$M_I = q \cdot b \cdot \frac{2 \cdot c + b}{2 \cdot l} \cdot \left[a + \frac{b \cdot (2 \cdot c + b)}{4 \cdot l} \right],$$

де $q = 9678837 \text{ Н/м}^2$ - повне розподілене навантаження, яке діє на ротор.

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$\begin{aligned} M_I &= 9678837 \cdot 0,806 \cdot \frac{2 \cdot 0,307 + 0,806}{2 \cdot 1,42} \cdot \left[0,307 + \frac{0,806 \cdot (2 \cdot 0,307 + 0,806)}{4 \cdot 1,42} \right] = \\ &= 1983440H \cdot m; \end{aligned}$$

Вважаємо, що переріз I-I являє собою еліпс.

Осьовий момент опору перерізу I-I визначається за формулою [3]:

$$W_{I-I} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{a \cdot b^3 - a_1 \cdot b_1^3}{b},$$

$a=277 \text{ мм}$; $b=148 \text{ мм}$; $a_1=218 \text{ мм}$; $b_1=95 \text{ мм}$ - геометричні розміри перерізу I-I.

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$W_{I-I} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{27,7 \cdot 14,8^3 - 21,8 \cdot 9,5^3}{14,8} = 3771 \text{ см}^3 = 37,71 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$\sigma_I = \frac{1,3 \cdot 1983440}{37,71 \cdot 10^{-4}} = 683,7 \text{ МПа}.$$

Напруження кручення в перерізі I-I визначається за формулою [3]:

$$\tau = \frac{M_{\text{рот}}}{W_{\text{кр}}},$$

де $M_{\text{рот}}=2147670 \text{ Нм}$ – крутячий момент на роторі;

$W_{\text{кр}}$ – момент опору кручення.

Момент опору крученню визначається за формулою [12]:

$$W_{кр} = \frac{\pi \cdot \delta^3 \cdot n}{2} \cdot (1 - \alpha^4),$$

де n - відношення більшої напіввісі до меншої, $n=a/b=277/148=1,87$; α - відношення a_1 до a : $\alpha=a_1/a=218/277=0,787$.

Підставляючи чисельні значення в формули отримаємо:

$$W_{кр} = \frac{3,14 \cdot 14,8^3 \cdot 1,87}{2} \cdot (1 - 0,787^4) = 5862 \text{ см}^3 = 58,62 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

$$\tau = \frac{2147670}{58,62 \cdot 10^{-4}} = 366,7 \text{ МПа}.$$

Визначення приведенного напруження в перерізі I-I.

$$\sigma_{np} = \sqrt{\sigma_{I-I}^2 + 4 \cdot \tau^2} \leq [\sigma],$$

де $[\sigma] = 0,8 \cdot \sigma_T$ - допустиме напруження по границі текучості;

$\sigma_T = 1500 \text{ МПа}$ - границя текучості для сталі 30ХГСА.

Таким чином $[\sigma] = 0,8 \cdot 1500 = 1200 \text{ МПа}$.

Підставляючи чисельні значення в формулу (2.18) отримаємо:

$$\sigma_{np} = \sqrt{683,7^2 + 4 \cdot 366,7^2} = 1002 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{np} = 1002 \text{ МПа} < [\sigma] = 1200 \text{ МПа}.$$

Визначення згинаючого моменту в перерізі II-II.

$$M_{зг} = R_A \cdot l_1,$$

де R_A - реакція в опорі А; $l_1=26,65$ см – плече згину.

Реакція в опорі А визначається за формулою:

$$R_A = \frac{q \cdot b \cdot (2a + b)}{2l}$$

Підставляючи чисельні значення в формули отримаємо:

$$R_A = \frac{9716874 \cdot 0,806 \cdot (2 \cdot 0,307 + 0,806)}{2 \cdot 1,42} = 4858437 \text{ Н},$$

$$M_{зг} = 4858437 \cdot 0,307 = 1491540 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначення напруження згину в перерізі II-II.

$$\sigma_{II-II} = \frac{M_{II-II}}{W_{II-II}},$$

де W_{II-II} – осьовий момент опору кільцевого перерізу, який визначається з формули [3]:

$$W_{II-II} = 0,1 \cdot D^3 \cdot \left(1 - \frac{d^4}{D^4} \right),$$

де $D=420$ см – зовнішній діаметр ротора в перерізі II-II;
 $d=32$ см – внутрішній діаметр ротора в перерізі II-II.

Підставляючи чисельні значення в формули отримаємо:

$$W_{II-II} = 0,1 \cdot 42^3 \cdot \left(1 - \frac{32^4}{42^4} \right) = 4889 \text{ см}^3 = 48,89 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

$$\sigma_{II-II} = \frac{1491540}{48,89 \cdot 10^{-4}} = 305 \text{ МПа}.$$

Визначення напруження кручення в перерізі II-II.

$$\tau_{кр} = \frac{M_{рот}}{W_p},$$

де $M_{рот}=2147670$ Н·м – крутячий момент на роторі;

$W_p = 2W_{II-II} = 97,78 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ – полярний момент опору.

Підставляючи чисельні значення в формулу (2.23) отримаємо:

$$\tau_{кр} = \frac{2147670}{97,78 \cdot 10^{-4}} = 219,6 \text{ МПа}.$$

Визначення приведенного напруження в перерізі II-II.

$$\sigma_{np} = \sqrt{\sigma_{II-II}^2 + 4 \cdot \tau_{II-II}^2} \leq [\sigma],$$

де $[\sigma] = 0,8 \cdot \sigma_T = 1200 \text{ МПа}$ - допустиме напруження по границі текучості.

Підставляючи чисельні значення в формулу отримаємо:

$$\sigma_{np} = \sqrt{305^2 + 4 \cdot 219,6^2} = 534,7 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{np} = 534 \text{ МПа} < [\sigma] = 1200 \text{ МПа}.$$

Висновок: розраховано на міцність небезпечні перетини ротора. розрахункові напруження, що виникають в роторі внаслідок дії крутного моменту ротора, навантаження від змішувальної маси та навантаження від дії завантажувального циліндра, не перевищують допустимі значення, що забезпечує міцність та стійкість ротора.

5.7 Розрахунок фундаментної плити пластозмішувача

Мета розрахунку: перевірити на міцність фундаментну плиту (Рисунку 5.8).

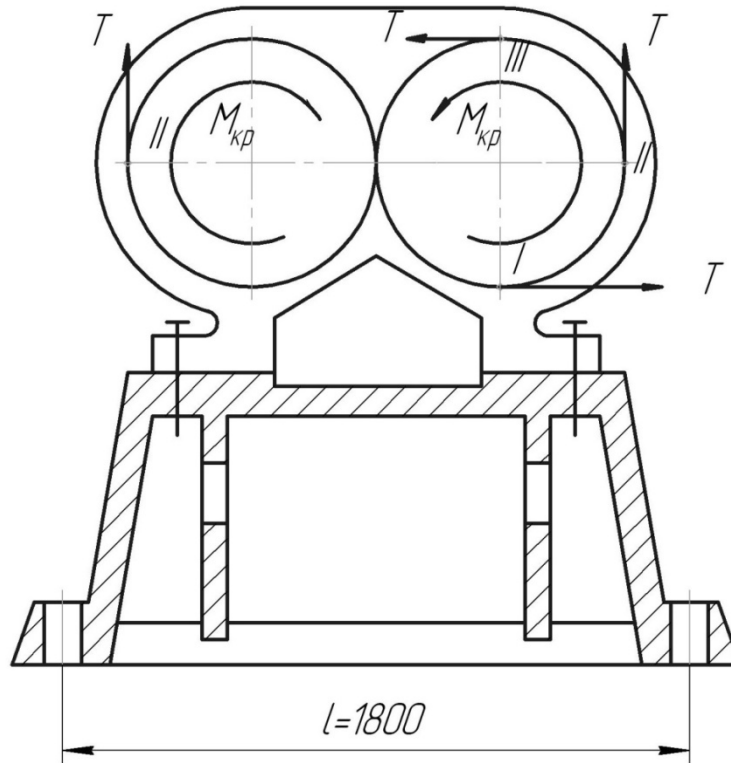


Рисунок 5.8 – Схема навантаження фундаментної плити пластозмішувача

Вихідні дані:

Крутний момент, що діє на роторі $M_{кр}$, Н·м	200529.
Радіус фігурної частини ротора R , м	0,277.
Тимчасовий опір зрізу для сталі 45 τ , МПа	440.
Кут, який характеризує глибину профілю ротора α , °	55.
Кут тертя матеріалу, що змішується по сталі ρ , °	21.
Вертикальне зусилля від розвантажувального пристрою, Н	37060.

Фундаментна плита слугує для кріплення пластозмішувача до фундаменту та здійснює конструкційний зв'язок між основними вузлами машини.

Фундаментна плита являє собою прямокутний фасонний відливоч, на якій розташовані опорні ділянки для монтування вузлів, що лежать на ній. Зусилля, що

діють на фундаментну плиту розділяють на три види:

а) зусилля, що виникає в фундаментній плиті внаслідок одностороннього прикладання крутного моменту до ротору. Такий випадок можливий при заклинюванні ротору в змішувальній камері.

Крутний момент на вихідному валу редуктора перекидає змішувач навколо осі ротора, вигинає фундаментну плиту, навантажує фундаментні болти:

$$P = \frac{M_{кр}}{R} = \frac{200529}{0,277} = 723931 \text{ Н.}$$

Колове зусилля P в момент прикладання доточки І ротора навантажує болти які з'єднують змішувальну камеру з фундаментною плитою поздовжнім навантаженням. Приймаючи коефіцієнт тертя зварних площин змішувальної камери та фундаментної плити $f=0,2$, визначимо необхідне зусилля затягування болтів.

$$N = \frac{P}{f} = \frac{723931}{0,2} = 3619655 \text{ Н.}$$

По зусиллю N необхідно розрахувати болти, які з'єднують змішувальну камеру з фундаментною плитою. В даній конструкції прийнято вісім болтів $M64$ і чотири установчих штифта $\varnothing 25$. Визначимо площу установчих штифтів:

$$F = 0,025^2 \cdot 4 \cdot 0,785 = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Максимальне зусилля, яке приймають на себе штифти:

$$N_1 = F\tau = 1,96 \cdot 10^{-3} \cdot 440 \cdot 10^6 = 862400 \text{ Н.}$$

При такому встановленні штифтів поздовжнє навантаження, що діє на змішувальну камеру, повністю утримується штифтами.

При неточному встановленні штифтів повздовжнє зусилля P повинно врівноважується силами тертя N_1 , які виникають при затягуванні штифтів.

Визначимо площу поперечного перетину (по внутрішньому діаметру) восьми болтів $M64$:

$$F = 0,785 \cdot 0,0575^2 \cdot 8 = 0,021 \text{ м}^2.$$

Напруження розтягнення в матеріалі болтів:

$$\sigma = \frac{N}{F} = \frac{3619655}{0,021} = 172,4 \text{ МПа.}$$

Запас міцності по межі плинності:

$$n_T = \frac{240}{172,4} = 1,39 < [n_T],$$

де n_T – допустимий запас міцності для болтів з неконтрольованим затягуванням, $n_T = 2-1,3$.

Крутний момент $M_{кр}$ на вихідному валу редуктора при заклинюванні ротора, перекидаючи фундамент на плиту, навантажує фундаментні болти розтягуючим зусиллям.

Приймаючи те, що перекидання фундаментної плити відбувається навколо ребра A (рисунок 5.10), визначимо розтягуючи зусилля, яке діє на найбільш навантажений болт:

$$P_p = \frac{M_{кр} l_1}{2(l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 + l_4^2)} = \frac{200529 \cdot 1,88}{2(1,88^2 + 1,575^2 + 0,375^2 + 0,07^2)} = 30598 \text{ Н},$$

де l_1, l_2, l_3, l_4 – відстані від перекинутого ребра фундаментної плити до осі болтового отвору.

Напруження з урахуванням затягування болта в фундаментній плиті:

$$\sigma = \frac{1,3 P_p}{0,785 d^2} = \frac{1,3 \cdot 30598}{0,785 \cdot 0,0575^2} = 15,3 \text{ МПа}.$$

Перевіряємо міцність (рисунок 5.9) фундаментного болта.

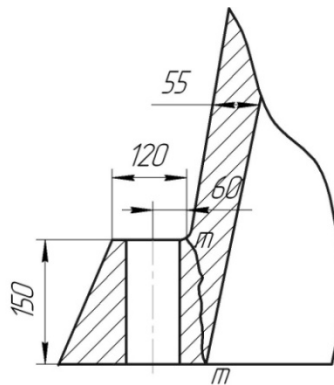


Рисунок 5.9 – Кріплення фундаментних болтів

Місце торкання $m-m$ його до фундаментної плити навантажено вигинаючим моментом:

$$M = P_p a = 30598 \cdot 0,06 = 1835,9 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де a – відстань від осі болта до місця торкання набу з фундаментною плитою.

Момент опору перетину m – m :

$$W = 2 \frac{0,15 \cdot 0,055^2}{6} 150 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Вигинаюче навантаження у місці злому m – m :

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{1835,9}{150 \cdot 10^{-6}} = 122 \text{ МПа}.$$

б) Інший вид навантаження фундаментної плити виникає в наслідок дії колових сил змішування робочої суміші на корпус змішувальної камери. Дотичні зусилля T , діючи на змішувальну камеру окремо від кожного ротору, додаються в різноманітних положеннях і утворюють різноманітні навантаження. В положенні І зусилля T врівноважується. В положенні І зусилля T , діючи в одному напрямку, утворюють вертикальне навантаження $Y = 2T$. зусилля Y намагається відірвати фундаментну плиту від фундаменту і являється вихідною величиною для розрахунку елементів фундаментної плити. Величина моменту тертя, що діє на внутрішню поверхню змішувальної камери визначається:

$$\begin{aligned} M_T &= M_{kp} \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \rho = 200529 \cdot \operatorname{tg} 55^\circ 24' 08'' \cdot \operatorname{tg} 21^\circ 48' = \\ &= 200529 \cdot 1,45 \cdot 1,04 = 116306,8 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Відповідне моменту зусилля тертя:

$$T = \frac{M_T}{R_{\max}} = \frac{116306,8}{0,277} = 419880 \text{ Н}.$$

Вертикальне зусилля:

$$Y = 2T = 2 \cdot 419880 = 839761 \text{ Н}.$$

Зусилля розриву на один фундаментний болт:

$$P = \frac{Y}{8} = \frac{839761}{8} = 104970 \text{ Н}.$$

Відповідне напруження фундаментному болту:

$$\sigma = \frac{1,3P}{0,785d^2} = \frac{1,3 \cdot 104970}{0,785 \cdot 0,0575^2} = 52,58 \text{ МПа}.$$

Відповідне значення вигинаючого напруження в місці примикання по

перетину $m-m$:

$$\sigma = 133 \frac{P}{P_p} = 133 \frac{104970}{30598} = 45,6 \text{ МПа.}$$

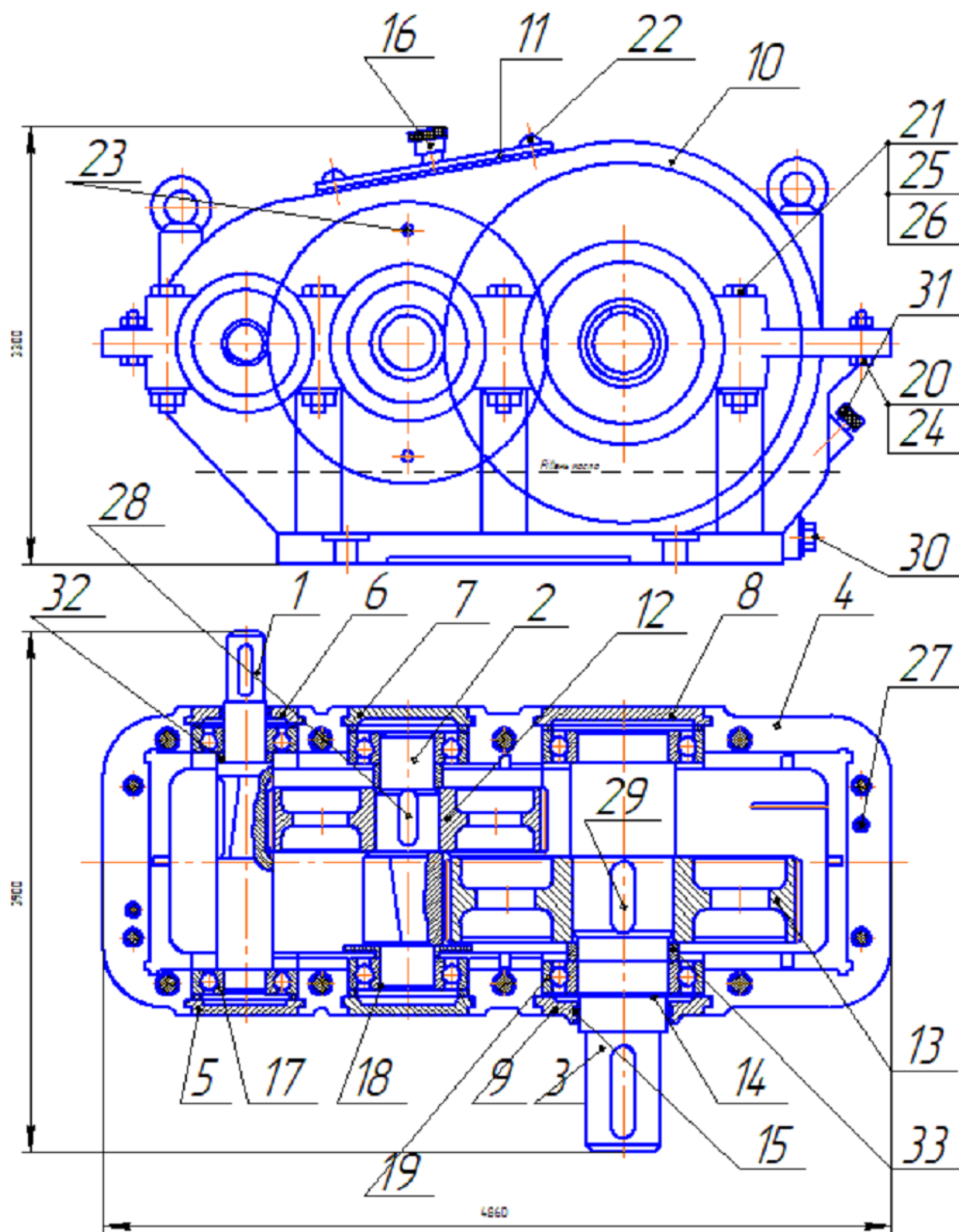
Допустиме напруження вигину для чавуну СЧ 18–36 складає 48 МПа. Вигинаюче напруження не перевищує допустимого значення, отже умова міцності виконується.

Висновок: розраховано на міцність фундаментну плиту пластозмішувача. Визначено, що всі напруження, які виникають у ній, не перевищують допустимі значення.

6. ТЕХНОЛОГІЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ РОТОРНОГО ПЛАСТОЗМІШУВАЧА

ЗМІСТ

1. Технологія складання циліндричного редуктора пластозмішувача
 - 1.1 Ескіз циліндричного редуктора
 - 1.2 Подетальна специфікація
 - 1.3 Схема збирання редуктора
 - 1.4 Операційні карти збирання редуктора
2. Монтаж роторного пластозмішувача на фундаменті
 - 2.1 План розміщення фундаментних болтів
 - 2.2 Карта ескізів монтажу
 - 2.3 Операційні карти монтажу
3. Експлуатація роторного пластозмішувача
 - 3.1 Схема змащування роторного пластозмішувача
 - 3.2 Таблиця змащування роторного пластозмішувача



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисыменний М.			
Пров.	Барщук С.О.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Цилиндричний редуктор

Лит. Масса Масштаб

Лист Листов 1

НТУУ "КПІ", ІХФ

Копіював

Формат А3

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					<u>Документация</u>		
	A4			ЛП81МП.117172.000-70СК	Двоступінчатий редуктор	1	
					<u>Детали</u>		
			1	ЛП81МП.117172.000-70.001	Вхідний вал	1	
			2	ЛП81МП.117172.000-70.002	Вал-шестерня	1	
			3	ЛП81МП.117172.000-70.003	Вал-шестерня	1	
					вихідного валу		
			4	ЛП81МП.117172.000-70.004	Корпус	1	
			5	ЛП81МП.117172.000-70.005	Кришка задня	1	
					Вхідного валу		
Подп. и дата			6	ЛП81МП.117172.000-70.006	Кришка передня	1	
					Вхідного валу		
			7	ЛП81МП.117172.000-70.007	Кришка уніфікована	2	
			8	ЛП81МП.117172.000-70.008	Кришка задня	1	
					вихідного валу		
			9	ЛП81МП.117172.000-70.009	Кришка передня	1	
					вихідного валу		
			10	ЛП81МП.117172.000-70.010	Кришка редуктора	1	
			11	ЛП81МП.117172.000-70.011	Люк оглядовий	1	
			12	ЛП81МП.117172.000-70.012	Шестерня	1	
			13	ЛП81МП.117172.000-70.013	Шестерня	1	
Инв. № подл.					ЛП81МП.117172.000-70СК		
Инв. № подл.	Разраб.	Письменный М.			Роторний пластозмішувач з модернізацією ущільнень	Лит.	Лист
	Проб.	Борщук С.О.				1	3
	Н.контр.						
	Утв.						
						НТУУ "КПІ"	
						ІХФ	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Стандартные изделия</u>		
		4	ЛП81МП.117172.000-70.014	Прес-масльонка	1	
		15	ЛП81МП.117172.000-70.015	Кільце ущільнення	1	
		16	ЛП81МП.117172.000-70.016	Пробка	1	
		17	ЛП81МП.117172.000-70.017	Підшипник 7205	2	
				ГОСТ 333-59		
		18	ЛП81МП.117172.000-70.018	Підшипник 7205	2	
				ГОСТ 333-59		
		19	ЛП81МП.117172.000-70.019	Підшипник 7205	2	
				ГОСТ 333-59		
		20	ЛП81МП.117172.000-70.020	Болт М10х34	4	
				ГОСТ 7808-62		
		21	ЛП81МП.117172.000-70.021	Болт М12х90	10	
				ГОСТ 7808-62		
		22	ЛП81МП.117172.000-70.022	Гвинт М8х22	4	
				ГОСТ 1491-62		
		23	ЛП81МП.117172.000-70.023	Гвинт М8х26	2	
				ГОСТ 1491-62		
		24	ЛП81МП.117172.000-70.024	Гайка М10	4	
				ГОСТ 5927-62		
		25	ЛП81МП.117172.000-70.025	Гвинт М12	10	
				ГОСТ 2526-62		
		26	ЛП81МП.117172.000-70.026	Шайба М12	10	
				ГОСТ 6402-61		
		27	ЛП81МП.117172.000-70.027	Штифт конічний 10х60	2	
				ГОСТ 3129-60		
		28	ЛП81МП.117172.000-70.028	Шпонка 16х10х63	1	
				ГОСТ 8789-58		

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЛП81МП.117172.000-70СК					Лист
										2
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Стандартные изделия</u>		
		4	ЛП81МП.117172.000-70.014	Прес-масльонка	1	
		15	ЛП81МП.117172.000-70.015	Кільце ущільнення	1	
		16	ЛП81МП.117172.000-70.016	Пробка	1	
		17	ЛП81МП.117172.000-70.017	Підшипник 7205	2	
				ГОСТ 333-59		
		18	ЛП81МП.117172.000-70.018	Підшипник 7205	2	
				ГОСТ 333-59		
		19	ЛП81МП.117172.000-70.019	Підшипник 7205	2	
				ГОСТ 333-59		
		20	ЛП81МП.117172.000-70.020	Болт М10х34	4	
				ГОСТ 7808-62		
		21	ЛП81МП.117172.000-70.021	Болт М12х90	10	
				ГОСТ 7808-62		
		22	ЛП81МП.117172.000-70.022	Гвинт М8х22	4	
				ГОСТ 1491-62		
		23	ЛП81МП.117172.000-70.023	Гвинт М8х26	2	
				ГОСТ 1491-62		
		24	ЛП81МП.117172.000-70.024	Гайка М10	4	
				ГОСТ 5927-62		
		25	ЛП81МП.117172.000-70.025	Гвинт М12	10	
				ГОСТ 2526-62		
		26	ЛП81МП.117172.000-70.026	Шайба М12	10	
				ГОСТ 6402-61		
		27	ЛП81МП.117172.000-70.027	Штифт конічний 10х60	2	
				ГОСТ 3129-60		
		28	ЛП81МП.117172.000-70.028	Шпонка 16х10х63	1	
				ГОСТ 8789-58		

Инв. № подл.

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

ЛП81МП.117172.000-70СК

Лист
2

Изм.

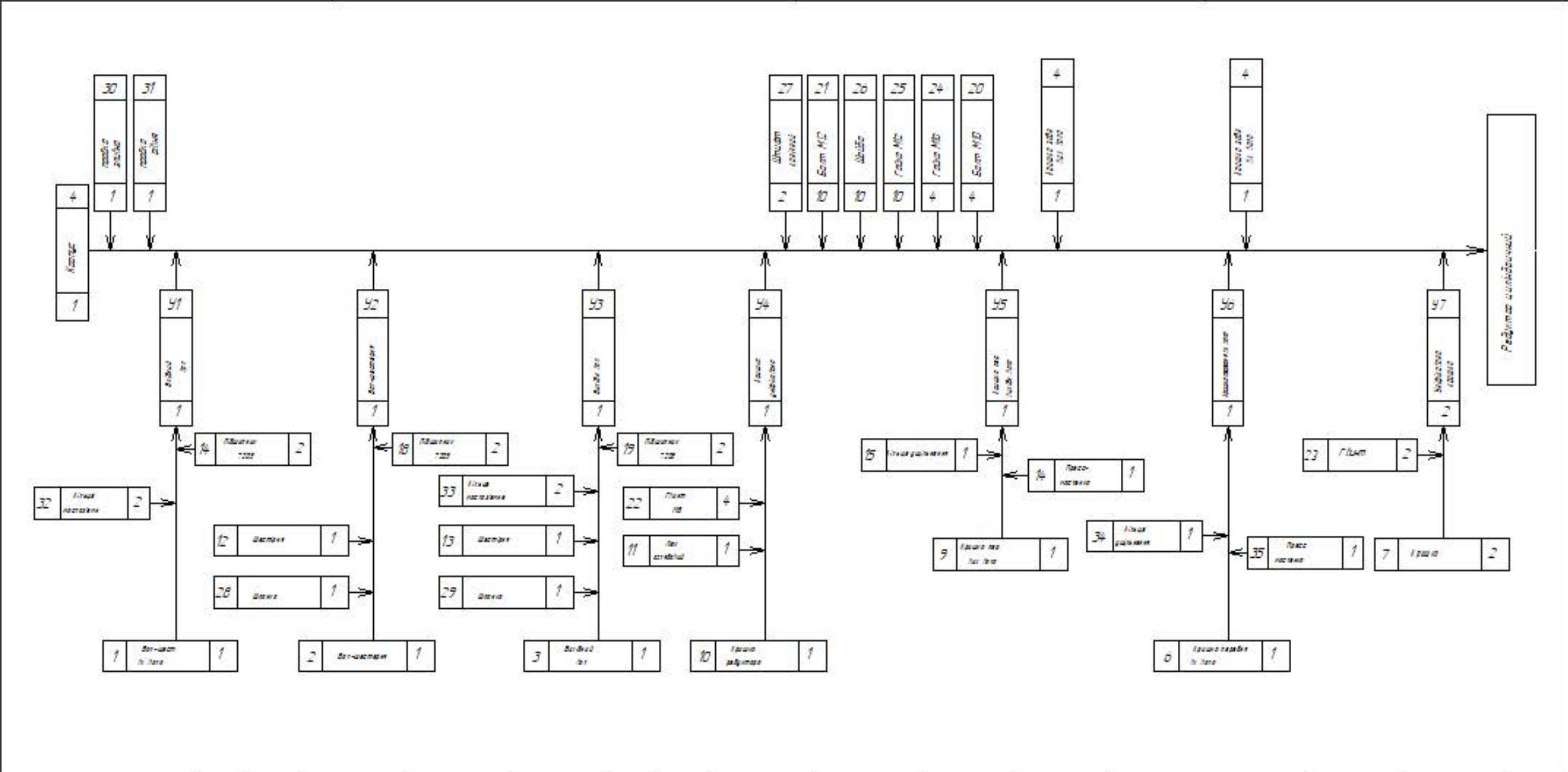
Лист

№ докум.

Подп.

Дата

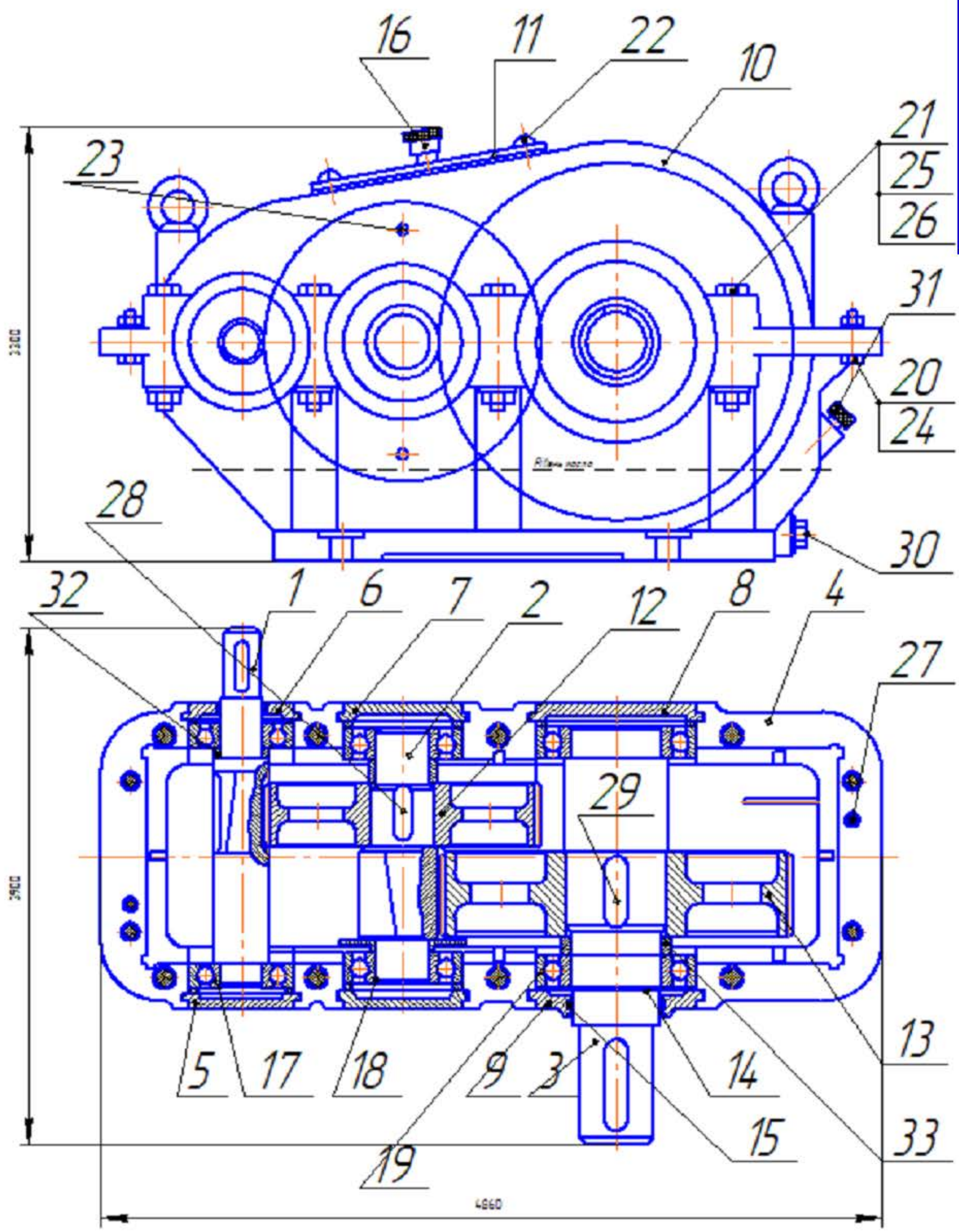
КАРТА ЕСКИЗІВ		номер операції
		Ескіз до збирання



										Розроб.	Письменний МС.			Арх
										Перевір.	Борщук С.О.			
										Керівн.				
										Затв.				Арх-ІІ
ЗМ	Арх	Н.В.В.В.	Підпис	Дата	ЗМ	Арх	Н.В.В.В.	Підпис	Дата	Н.В.В.В.				

Спроб. №	Перб. примен.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № дубл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Письменный М.			
Проб.	Борщук С.О.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Цилиндричний редуктор

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1
НТУУ "КПІ", ІХФ		

				Операційна карта												
№ цеху	№ участ.	№ місця	№ опер.	Найменування операції						Устаткування						
				Збирання редуктора												
№ пере-ходу	Зміст переходу						Технологічний режим		Пристосування		Інструмент		То, хв			
1	Пробку рівня 30, пробку зливальну 31 закручуємо в корпус 4						пробка рівня 30				Набір гайочних		2			
							пробка зливн. 31				ключів, тиски					
							корпус 4									
2	На вхідний вал 1 надіваємо маслос'ємне кільце 32 и						кільце ма-з'єм 32		Гідравлічний прес		Набір гайочних		10			
	запресовуємо підшипник 14						підшипник 14				ключів, тиски					
3	Вхідний вал 1 в збірці опускаємо в корпус 4										Набір гайочних		4			
											ключів, тиски					
4	На вал-шестерню 2 запресовуємо шпонку 28						вал-шестерня 2				Набір гайочних		8			
							шпонку 28				ключів, тиски					
5	На вал-шестерню 2 запресовуємо шестеню 12						вал-шестерня 2		Гідравлічний прес		Набір гайочних		13			
							Шестерня 12				ключів, тиски					
6	На вал-шестерню 2 запресовуємо підшипник 18						вал-шестерня 2		Гідравлічний прес		Набір гайочних		11			
							підшипник 18				ключів, тиски					
7	Вал-шестерню 2 монтуємо у корпус 4										Набір гайочних		5			
											ключів, тиски					
										Розроб.	Письменний М.С.				Арк.	
											Перев.	Борщик С.О.				
											Н. Контр.					Ар-в
	Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Затв.					

				Операційна карта												
№ цеху	№ участ.	№ міся	№ опер.	Найменування операції						Устаткування						
				Збирання редуктора												
№ пере- ходу	Зміст переходу						Технологічний режим		Пристосування		Інструмент		То			
8	На вихідний вал 3 запресовуємо шпонку 29						вихідний вал 3				Набір гайочних		8			
							шпонка 29				ключів, тиски					
9	На вихідний вал 3 запресовуємо шестірню 13 і вдягаємо маслос'ємне						шестірня 13				Набір гайочних		13			
	кільце 33						кільце маслос'єм 33				ключів, тиски					
10	На вихідний вал 3 запресовуємо підшипник 19						підшипник 19		Гідравлічний прес		Набір гайочних		11			
											ключів, тиски					
11	Вихідний вал 3 у збірці монтуємо в корпус 4										Набір гайочних		5			
											ключів, тиски					
12	На кришку редуктора 10 одіваємо люк оглядовий 11 і закріплюємо						кришка 10				Набір гайочних		7			
	гвинтом 22						люк оглядовий 11				ключів, тиски					
							гвинт 22									
13	Конічними штифтами 27 з'єднуємо корпус 4						штифт 27				Набір гайочних		6			
							корпус 4				ключів, тиски					
14	Корпус 4 і кришку 10 закріплюємо болтами 21, шайба 26, гайка 25						болт 21, шайба 26						12			
							гайка 15									
										Розроб.	Письменний М.С.				Арк.	
										Перев.	Борщик С.О.					
										Н. Контр.					Ар-в	
	Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Затв.					

[illegible]

				Операційна карта слюсарно-збиральних робіт													
№ цеха	№ участ.	№ місця	№ опер.	Найменування операції						Обладнання							
№ пере- хіда	Зміст переходу									Технологіч- ний режим		Пристосування (код, найменування)		Інструмент (код, найменування)		То	
1	Застропити і підняти фундаментну плиту 1, наживити фундаментні болти і опустити замість згідно плану фундаментних болтів.											Козловий кран Q=10т.				25	
2	Застропити змішувальну камеру 2 наживити кріпильні болти і встановити на фундаментну плиту 1.											Козловий кран Q=10т.		Набір гасчних ключів		20	
3	Застропити і підняти воронку завантажувальну 3 та закріпити її на камері змішувальній 2											Козловий кран Q=10т.		Набір гайочних ключів, тиски		17	
4	Заспротити і підняти циліндр затвору верхнього 4 та закріпити на воронку завантажувальну 3											Козловий кран Q=10т.		Набір гайочних ключів, тиски		15	
5	Застропити і підняти фундаментну плиту 5, наживити фундаментні болти і опустити за місцем згідно плану фундаментних болтів											Козловий кран Q=10т.		Набір гайочних ключів, тиски		25	
6	Застропити редуктор 6 за монтажні петлі та опустити на фундаментну плиту 5. Вставити кріпильні болти в отвори корпусу редуктора і плити та наживити їх.											Козловий кран Q=7т.		Набір гайочних ключів, тиски		22	
											Розробив		Письменний М.С.				Лист
											Перевірів		Борщик С.О.				
											Керівник						Лист
											Затвердив.						
	Ізм	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Ізм	Лист	№ докум	Підпис	Дата							

				Операційна карта													
				слюсарно-збиральних робіт													
№ цеха	№ участ.	№ місця	№ опер.	Найменування операції							Обладнання						
№ пере- хіда	Зміст переходу									Технологіч- ний режим		Пристосування (код, найменування)		Інструмент (код, найменування)		То	
7	Застропити і підняти фундаментну плиту 7 , наживити фундаментні болти і опустити за місцем згідно плану фундаментних болтів											Козловий кран				25	
												Q=10т					
8	Застропити електродвигун 8 за монтажні петлі та опустити на фундаметну плиту 7. вставити кріпилбні болти в отвори корпусу електродвигуна і плити та наживити їх.											Козловий кран		Набір гайочних		12	
												Q=10т		ключів			
9	З'єднати вихідний вал електродвигуна 8 з вихідним валом редуктора 6 за допомогою шпінделів													Набір гайочних		20	
														ключів			
10	Перевірити соосність з'єднання											Мотузки, отвіс		Набір гайочних		15	
														ключів			
11	З'єднати вихідний вал редуктора 6 з роторами змішувальної камери 2 за допомогою шарнірних муфт													Набір гайочних		25	
														ключів			
12	Перевірити соосність з'єднання											Мотузки, отвіс		Набір гайочних			
											Розробив	Письменний М.С.				Лист	
											Перевірів	Борщик С.О.					
											Керівник					Лист	
	Ізм	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Ізм	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Затвердив.						

[illegible]

Карта змашування

Найменування та номер позиції вузла (механізму)	Найменування мастильних матеріалів та номер стандарта	Кількість точок змазки	Спосіб нанесення змащувальних матеріалів	Періодичність перевірки та заміни змащування
1. Підшипники роторів	Змазка УС-3(Т) (солідол жировий) ГОСТ 1033-51	2	За допомогою прес-масльонки	Один раз на 3місяці по 270 грамів
2. Ущільнення роторів	Автотракторне масло АКп-10 ГОСТ 1862-63	12	За допомогою насосу типу 12С76-НМ	Подається неперервно
3. Направляючі	Змазка УС-3(Т) (солідол жировий) ГОСТ 1033-51	18	За допомогою прес-масльонки	Поповнювати кожен день
4.Циліндри і поршневі кільця	Мастило індустріальне 20 ГОСТ 1707-51	14	За допомогою спеціальних масльонок	Поповнювати кожні 8 днів.
5. Пальці	Змазка УС-3(Т) (солідол жировий) ГОСТ 1033-51	20	За допомогою прес-масльонки	Кожен день
6. Редуктор	Автотракторне масло АКп-10 ГОСТ 1862-63	18	Примусово від насосу та розбризкуванням	Кожні 6 місяців. Після першого місяця експлуатації мастило повністю видалити з корпусу, промити підшипники бензином та залити свіжим профільтованим мастилом.

					ЛП81МП15.7273.000ПЗ									
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата										
Розробив		Письменний			Роторний пластозмішувач				Літ.		Лист		Листів	
Перевірів		Борщик С.О.												
Керівник		Чемерис А.О.							НТУУ «КПІ» ІХФ					
Н. контр.														
Затв.														

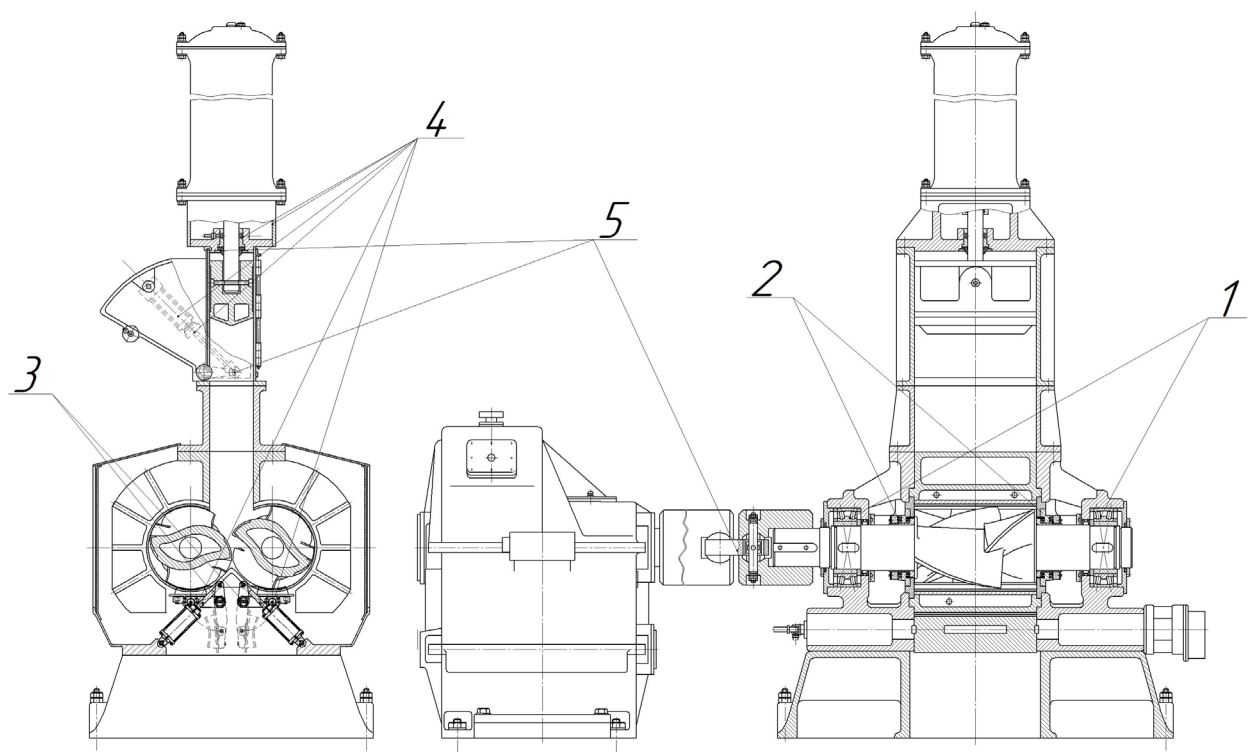


Схема змащування

Зм.	Лист	№ докумен	Підпись	Дата

ЛП81МП.117174.000-70TE

Лист

7.РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

7.1 Опис проекту

Стартап-проект має на меті впровадження новітніх технологій у широке коло підприємств, від малого, середнього до великого бізнесу. Основна ідея проекту наведена у таблиці 7.1 .

Таблиця 7.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Ідея проекту полягає в наданні повного спектру інженерних послуг, також ремонтних робіт.	1.Інженерні послуги (розробка обладнання та Модернізація обладнання) в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Оформивши заявку клієнт отримує розробку або модернізацію обладнання в короткі терміни, високої якості за більш низькою ціною.
	2.Дослідження та аналіз в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Оформивши заявку до нас клієнт отримує можливість комплексно перевірити здатність обладнання до виготовлення певних видів продукту або обладнання та перевірити їх якісні властивості.
	3.Фінансова звітність та консалтингові послуги в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Оформивши заявку с клієнт отримує можливість контролювати свою фінансову звітність та отримати консультування з широкого кола питань у сфері фінансової, комерційної, технологічної, технічної діяльності.
	4.Розробка програмного забезпечення в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва.	Оформивши заявку до нас клієнт отримує можливість отримати, якісні та сучасні розробки.

Такий підхід дає можливість надати повний спектр послуг користувачу. Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно з

пропозиціями конкурентів[12].

- визначено попереднє коло конкурентів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів;

- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (Таблиця 7.2).

Таблиця 7.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

п / п	Характеристики ідеї	(потенційні) послуги конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Укроргсинтез	Хіммаш	Хімнафтомашпроект			
1.	Інженерні послуги в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	Має. Надає повний комплекс послуг для хімічної і нафтопереробної промисловості	Має. Надає комплекс послуг для хімічної промисловості	Має. Надає комплекс послуг для хімічної промисловості	Має. Надає комплекс послуг для хімічної промисловості	-	-	+ Конкуренти не спеціалізуються на нафтопереробній промисловості, лише у хімічний
2.	Дослідження та аналіз в хімічній та нафтопереробній галузі виробництва	має	немає	має	немає	-	-	+ Конкурент 2 спеціалізується лише на хімічній пром

								ислов ості. Інші конку ренти цієї послу ги нема ють
3.	Фінансова звітність та консалтин гові послуги	має	має	нема є	нема є	-	-	+ Конк урент І спеціа лізуєт ься лише на хіміч ній пром ислов ості. Інші конку ренти цієї послу ги нема ють
4.	Розробка програмно го забезпечен ня	має	немає	нема є	нема є	-	-	+
5.	Креативни й дизайн апаратів хімічної та нафтопере	немає	немає	нема є	має	-	+	-
	робної промислов ості							
7.	Послуги архітектор а	немає	має	нема є	має	+	-	-

Визначений перелік слабких (а саме послуги архітектора), сильних (спеціалізація в нафтопереробній промисловості) та нейтральних (креативний дизайн апаратів хімічної та нафтопереробної промисловості) характеристик та

властивостей ідеї потенційних послуг, що є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

7.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит способу, за допомогою якого можна реалізувати ідею проекту та наведено його у таблиці.

Таблиця 7.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Надання повного спектру інженерних послуг	Створення веб сайту та оренда офісу з комп'ютерною технікою для роботи персоналу.	Дані технології існують. В розробці/добробці їх немає необхідності, оскільки ми будемо залучати вже освічених фахівців, що вже мають Спеціальну інженерну освіту	Так, дані технології доступні.
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: нові конструкції апаратів хімічної і нафтопереробної промисловості				

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, та методи реалізації є можливими.

7.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основними операторами ринку приватні конструкторські відділи, які виконують роботу тільки на власні підприємства та організації, що виконують консалтингові послуги в сфері інжинірингу.

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Економічні та соціальні тенденції ринку:

На даний момент ринок знаходиться на стадії введення.

Таблиця 7.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап - проекту[13].

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од.	990000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	79

Економічна ситуація в Україні та поступовий вхід України до Європейського Союзу вимагає перепрофілювання наших підприємств, збільшення конкурентоспроможності промисловості та введення нових інноваційних технологій та інвестицій.

Ринок надання консалтингових послуг переважно розвивається після кризових періодів. На сьогодні економіка України перебуває на етапі виходу з кризи, тому розвиток консалтингового ринку розвивається дуже повільно. Але в подальшому ринок може стрімко розвиватись, тому що Україна вступила в зону вільної торгівлі з ЄС. Саме це може спричинити ряд проблем на ринку України, тому що виникає необхідність стандартизувати продукцію, що виробляється згідно вимог ЄС.

Географічне розміщення споживачів даного ринку є неоднорідним по всьому світу. Найбільше споживачів знаходиться в країнах, що розвиваються. Саме тому ринок інжинірингу є найперспективнішим. Головна ціль багатьох підприємств є перевага в конкуренції перед іншими підприємствам.

Цього можна досягти покращенням якості виготовленої продукції, зменшенням затрат на виробництво, створення нового асортименту продукції.

Конкуренція на даному ринку є дуже малою, тому що даний вид діяльності є новим. Так як в минулому більшість підприємств мали власні напрямлення, що займались даним видом діяльності, а саме конструкторські бюро, відділи постачання та відділи продажу. Стартап-проект передбачає співпрацю з клієнтом

згідно його вимог, з захистом інтелектуальної власності клієнта. Робота яка буде виконана на вимогу клієнта не буде розголошуватися, крім цього стартап-проект передбачає допомогу в патентуванні розробок клієнта, якщо це є необхідним. Враховуючи наші можливості ми пропонуємо клієнту власні розробки та інновації за вигідними умовами.

Канали розподілу інжинірингового ринку розміщуються насамперед в великих містах, таких як Київ, Донецьк, Львів, Суми та інших містах де розміщуються великі підприємства з обробки металів.

Споживча поведінка клієнтів на даний момент набуває великого значення для старту проекту, оскільки від репутації нашої компанії залежить довіра потенційних покупців. Саме тому окрім рекламування наших послуг в соціальних мережах та інтернеті необхідно підтримувати репутацію. Насамперед це можна забезпечити високою якістю виконаних послуг для клієнтів, внаслідок чого можлива довгострокова співпраця з декількома клієнтами. Їхні конкуренти можуть помітити ці позитивні зміни та також піти на співпрацю з нашим проектом.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (Таблиця 7.5).

Таблиця 7.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту[14].

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Потреба в інноваційних високоефективних проектах і економії на заробітних платах для подолання наслідків попередніх економічних криз	Хімічні компанії, харчові компанії та компанії, що займаються нафтопереробкою	Необхідність виготовлення продукції у відповідності до різних норм та стандартів	-якість: стандарти, нормативи, вимоги -швидкість, -доступність.

Проаналізувавши ринкове середовище (див. Додаток А): складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиці №№ 7.15-7.16). Таблиця 7.15 - Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Економічні: Криза, Інфляція, Підвищення цін на сировину	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Підвищення/пониження ціни на продукт у залежності від цін на сировину. Прив'язка до стабільних валют.
Політико-правові: «Закон України про підприємницьку діяльність»	Впливає на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу	Зміна напрямків імпорту/експорту. Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця.

	необхідного для товару	
«Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності».	Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця.
Природні: дефіцит ресурсу	Зростання ціни на ресурс	Розробка нових технологій з використанням інших матеріалів

Таблиця 7.17 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентно-спроможною)
1. Тип конкуренції Олігополія	Мала кількість спеціалістів здатних виконувати комплексну роботу.	Співпраця з технічними вузами за для покращення якості розробок
2. За рівнем конкурентної боротьби національний	Якісні інженерні послуги необхідні на кожному підприємстві)	Надання консалтингових послуг та можливість співпраці з нашим інженерним відділом)
3. За галузевою ознакою міжгалузева	На підприємстві працюють працівники здатні надавати широкий спектр послуг.	Наша компанія охоплює майже усі напрямки розробок і може надати якісні консалтингові послуги.
4. Конкуренція за видами товарів товарно-видова між бажаннями	У нас є типові конструкції та є можливість розробки індивідуальних апаратів.	Підприємство орієнтоване на малий, середній та великий бізнес. І має можливості проектувати відповідне обладнання
5. За характером конкурентних переваг цінова	Наша компанія буде мати як і конкуренцію по низькій ціні так і на якості продукції. Наша мета робити якісне і дешеве обладнання	Дасть можливість зайняти нішу якісного дешевого обладнання в Україні та світі.
7. За інтенсивністю	Наша мета зробити всесвітньо	Це дасть можливість надавати

- марочна	відомим наш бренд	послуги по усьому світу.
-----------	-------------------	--------------------------

Проаналізувавши конкуренцію проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 7.18).

Таблиця 7.18 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером[15].

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Всі підприємства, які займаються консалтингом і інженерними послугами	Конкурентом може стати підприємство яке почне співпрацювати з технічними вузами.	Постачальники мають малий вплив на наш основний напрям	- не конкурентно спроможне обладнання -високі ціни на товари	—
Висновки:	На даному етапі розвитку в Україні дуже мало підприємств які можуть провести якісну оцінку роботи підприємства та вказати їхні недоліки.	На сьогодні будь який мислячий на перспективу інвестор може стати нашим конкурентом почавши співпрацювати з університетами.	Так від постачальника буде залежить час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість.	Клієнту завжди необхідне: конкурентно спроможне обладнання за низькою ціною якісне та інноваційне	Даний пункт не є актуальним для нашого підприємства через те що ми надаємо комплексний спектр послуг

На основі аналізу конкуренції, проведеного в (таблиця 7.18), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 7.4), вимог споживачів до товару (таблиця 7.5) та факторів маркетингового середовища визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблицею. 7.19.

Таблиця 7.19 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Низька ціна	Враховуючи, що ми будемо співпрацювати з науково-технічною базою університету ми зможемо долучати молодих фахівців для розробки обладнання
2	Якість	При замовленні документації покупець буде отримувати якісну документацію та матиме можливість звернутися до нас консультаціями.
3	Комплексний підхід	Ми надаємо комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі по низьким цінам

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) (таблиця 7.15) та можливостей (Opportunities) (таблиця 7.16) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 7.21).

Таблиця 7.21 – формулювання управлінської проблеми SWOT-аналіз.

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - новизна проекту; -спроможність проекту збільшити конкурентоспроможність споживачів підприємств промисловості; - низька вартість впровадження проекту (його можна створити навіть власними зусиллями); - можливо збільшити кількість наданих послуг та працювати з обладнанням в інших видах промисловості (фармацевтична, машинобудівна тощо), -більш швидкий вихід розроблених апаратів на ринок. 	<ul style="list-style-type: none"> - низька дохідність проекту внаслідок низької зацікавленості споживачів; - програш іноземним компаніям; - відсутність послуг архітектора.
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - залучення молодих та перспективних кадрів та співпраця з вищими навчальними закладами; - збільшення попиту на різні типи продукції хімічної і нафтопереробної промисловості; - небажання споживачів купувати нове обладнання, а модернізувати старе. 	<ul style="list-style-type: none"> - криза, інфляція, підвищення цін на сировину. Вплив на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару; - недостатня підтримка державою нових підприємців; - дорого вартісні ліцензії, заборона на

7.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (Таблиця 7.22).

Таблиця 7.22 – вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Малі приватні промислові підприємства хімічної та нафтопереробної галузей	Висока	Високий	Мала	Висока
2	Великі промислові підприємства хімічної та	Середня	Середній	Висока	Середня

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку (Таблиця 7.23).

Таблиця 7.23 – визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Наступник	Концентрація на потребах одного цільового сегменту	Надання інженерних консалтингових послуг малим промисловим підприємствам	Стратегія спеціалізації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (Таблиця 7.24).

Таблиця 7.24 – визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	На території України для малих і середніх підприємств проект не є першопрохідцем.	В планах Компанії пошук нових споживачів та розширення своєї діяльності	Копіювання популярних послуг на ринку такі як: - Розробка програмного забезпечення - Аудит підприємства -Архітектура та дизайн	Стратегія виклику лідера

Таблиця 7.26 – визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту*
	Якісне надання послуг з урахуванням всіх стандартів, норм та вимог	Стратегія спеціалізації	Стратегія виклику лідера	Конкуренто-спроможні аутсорсингові послуги

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 7.27 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує послуга	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Потреба в обладнанні потреба в підвищені кінцевої продукції	Швидкість, надійність(надання консультацій в продовж року) та комунікабельність персоналу, економія на ЗП	Швидкість, не висока ціна, надійність та комунікабельність персоналу

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 7.29).

Таблиця 7.29 - Визначення меж встановлення ціни

п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	500000 грн/1 замовлення	250000 грн – ціни невисокі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	250000-450000.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 7. 30):

Таблиця 7.30 - Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Замовлення проекту	Швидкість виконання, надійність(надання консультацій в продовж року)	Нульового рівня	Власні сили

При визначенні оптимальної системи збуту було вирішено, що ми будемо проводити збут власними силами.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, (Таблиця 7.31).

Таблиця 7.31 - Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування
Орієнтована на використання вузькоспеціальної комунікації, що визначається	Інтернет, виставки, друкована продукція	Спеціалізовані виставки такі як: Міжнародна спеціалізована виставка ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ/ПОЖТЕХ; Міжнародний авіакосмічний салон АВІАСВІТ; Галузева експозиція

особливістю галузевої приналежності		ПЕК УКРАЇНИ; Міжнародна спеціалізована виставка гірничодобувної промисловості MINING INDUSTRY EXPO; Міжнародна спеціалізована виставка НАФТОГАЗЕКСПО; продукція. В мережі інтернет буде здійснюватися, адресна розсилка комерційних пропозицій за базою даних потенційних клієнтів.
---	--	---

Результатом пункту 7.4 ми створили ринкову програму, яка включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, який спирається на цінності та потреби клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект.

8.ОХОРОНА ПРАЦІ

Безпечна організація виробничих процесів і праці в даний час має особливе значення на підприємствах хімічної промисловості [13], тому що на таких підприємствах широко використовуються різні отруйні, вибухонебезпечні і пожежонебезпечні речовини. В останніх рішеннях і постановах Уряду України, що стосуються питань охорони праці, указується на неприпустимо високий рівень нещасних випадків на виробництві в порівнянні з іншими промислово розвиненими країнами.

Даний розділ дипломного проекту присвячується захисту від шкідливих і небезпечних виробничих факторів (виділення шкідливих речовин, ураження електричним струмом, пожежа, виробниче освітлення, забруднення навколишнього середовища) та розробки заходів, що забезпечують зниження впливу цих факторів.

Процес виробництва ПВХ плівки суміші протікає при підвищених тисках і температурі, з виділенням шкідливих речовин і належить до категорії виробництв із підвищеною небезпекою для життя людини. Оператор пластозмішувача працює за пультом в окремому приміщенні, що вентильовується та опалюється.

8.1. Метеорологічні умови у виробничому приміщенні

Робота оператора на установці - важка фізична робота, тому що лінія працює в умовах шуму, теплових виділень. Робота проводиться в 3 зміни, цілодобово, у будь-який час року.

Енерговитрати за таких умов праці складають більш 300Дж/сек. У зв'язку з цим передбачена можливість відпочинку персоналу.

Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні приведені в таблиці 8.1, а виділення шкідливих речовин у робочу зону в таблиці 8.2.

Параметри повітря робочої зони і видалення шкідливих речовин полімерів, що виділяються при переробці, і їхня нейтралізація повинні забезпечуватися виробником за допомогою відповідних пристроїв і коштів, що передбачаються при проектуванні виробничих приміщень.

При цьому ефективність пристроїв така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і запиленість повітря в зоні обслуговування не перевищувала санітарних норм, установлених ГОСТ 12.1.005-88 і СНиП 2 04.05-84 відповідно ДСН 3.3.6.042-99.

Таблиця 8.1 – Оптимальна температура

Сезон року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний та перехідний періоди року	середньої важкості	21-24	65	0,1-0,12
Теплий період року	середньої важкості	26-30	55	0,15-0,2

Таблиця 8.2 – Виділення шкідливих речовин

Речовина	Концентрація	
	Допустима, г/м ³	Фактична, мг/м ³
Етилен	10	8
СО	20	16
СО ₂	0.03	0.01-0.02
PbO и CoO	0.01	0.005-0.009
формальдегіди	5	3

У зв'язку з виділенням тепла в області робочої зони забезпечення параметрів як у теплий так і в холодний час року забезпечується вентиляція повітря.

У якості загальнообмінної вентиляції застосовується механічна приточно-вытяжна вентиляція. У цій системі повітря подається в помешкання приточною вентиляцією а видаляється витяжною, працюючими одночасно. Приток повітря проводиться в робочу зону, а витяжка - із верхньої зони помешкання ділянки.

8.2 Повітря робочої зони

Процес змішування полімерної суміші протікає при температурі 90-130 °С і тиску 1,3 МПа. При протіканні процесу відбувається виділення речовин з гостроспрямованим механізмом дії: хлороводень ($1,5 \text{ мг/м}^3$), дибутилфталат ($0,5 \text{ мг/м}^3$). Також цех характеризується незначним виділенням тепла – менше $20 \text{ ккал} \cdot \text{м}^3/\text{год}$.

У даному випадку для відводу тепла і шкідливих газів передбачається місцева вентиляція за допомогою витяжного зонта МЦ-12, $L=22464 \text{ м}^3/\text{год}$.

Система місцевої вентиляції складається з приймача шкідливих виділень, вентилятора, очисного і відвідного пристроїв.

У даному випадку застосовуємо витяжний зонт у вигляді піраміди, що розміщується над апаратом. Ефективність роботи зонта забезпечується за рахунок позитивної різниці між об'ємом повітря, що відсмоктується, і об'ємом струменя, що підтікає, а також ефективність роботи зонта забезпечується тим, що розміри вхідного отвору зонта більше розмірів апарату. Надійна робота зонта забезпечується за рахунок мінімальної вертикальної відстані між крайкою зонта і апарату. Вентилятор МЦ-12 $p_n=965 \text{ Па}$.

Фактична концентрація шкідливих речовин, що виділяються, відповідає ГОСТ 12.1.005-88/98.

8.3 Електробезпека

У зв'язку з тим, пластозмішувач розташований на металевій рамі, що у свою чергу встановлюється на бетонну станину, відповідно до ПЕУ вона відноситься до небезпечної.

Для живлення елементів машини використовується трьохфазова напруга 220/380В із частотою 50Гц з ізольованою нейтраллю.

Основними причинами нещасних випадків від впливу електричного струму на проєктованій ділянці є:

- помилкове вмикання установки;
- можливість виникнення крокової напруги;

- пробой на корпус;
- випадки доторку людей до відкритих частин електроустаткування, що проводять струм;
- старіння ізоляції і втрата ізоляційних властивостей;
- доторк до частин установки, які можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання.

Основними заходами захисту від поразки електричним струмом на ділянці експлуатації лінії є:

- 1) Забезпечення неприступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою (розташування їх на недоступній висоті), для випадкового доторку.
- 2) Використання щитків, спеціальних знаків небезпеки, що попереджують людину про наявність високої температури, можливості поразки електричним струмом і т.д. (кожному з пунктів небезпеки відповідає свій попереджувальний знак).
- 3) Організація безпечної експлуатації електроустаткування, перед роботою установку перевіряють спеціалісти, вона проходить спробну експлуатацію.
- 4) Усунення небезпеки при появі напруг на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається використанням захисного занулення, подвійної ізоляції.

Неприступність струмоведучих частин на ділянці забезпечується огороженням і ізоляцією струмоведучих частин. Також елементарна мережа орієнтована на ділянці застосовуються захисні засоби. Для переносних інструментів застосовується напруга 42В, для світильників - 12В.

У зв'язку з тим, що на ділянці встановлюється трифазна чотирьох провідна мережа з напругою 380/220В, то для усунення небезпеки поразки людей електричним струмом при замиканні на корпус використовується захисне занулення. Принцип дії занулення зводиться до перетворення замикання на корпус у коротке однофазне замикання, тобто замикання між фазним і нульовим проводом із метою створення великого току, спроможного забезпечити спрацьовування захисту і тим самим автоматично відключити ушкоджену установку від мережі, що живить. Таким захистом на ділянці є автоматичні вимикачі, установлені перед споживачами енергії, що забезпечують швидкість відключення ушкодженої установки за 1-2

секунди.

З метою запобігання травм, рекомендується застосовувати такі запобіжні заходи:

- рубильник вмикання устаткування помістити в спеціальні шафи;
- передбачити спеціальне відключення електродвигунів, вентиляторів, нагрівачів у випадку влучення людини під напругу;
- на панелі керування установки вивести сигнальні лампи індикації вмикання електроустаткування.

Заземлення установки виконати відповідно до ГОСТ 12.1.030-81. Біля затискачів заземлення нанести незмивною фарбою знаки "земля" по ГОСТ 124.026-76.

Електрична міцність ізоляції випробується на іспитову напругу 200В частотою 50Гц протягом однієї хвилини. Опір ізоляції не менше 0,5 МОм. Електрична апаратура встановлена усередині робочих помешкань має ступінь захисту IP-54 ГОСТ 14254-80. Ізоляція провідників вимірюється мегаометром 11044 ТУ25-04-798-81. Напруга вимірюється вольтметром 351512 ТУ25-04-970-80.

Ступінь захисту електричної апаратури усередині помешкань контролюється по ГОСТ 14254-80.

При застосуванні ручного переносного електроустаткування застосовувати живлячу напругу 42В від окремого трансформатора. На лінії живлення устаткування необхідно передбачити захисні теплові вимикачі.

8.4 Промислове освітлення

Джерела світла є складовими частинами освітлювальних установок промислових підприємств. Правильний вибір типу і потужності ламп робить вирішальний вплив на експлуатаційні якості й економічну ефективність використовуваного устаткування. Збереження зору і безпека роботи значною мірою залежать від умов освітлення.

У цеху, де встановлюється лінія, використовується змішане освітлення, при якому у світлий час доби недостатнє по нормах природнього освітлення

доповнюється штучним.

Зорова робота на ділянці являє собою періодичне загальне спостереження за ходом виробничого процесу при постійному перебуванні людей у помешканні. Зорові роботи оператора, що обслуговує лінію, характеризуються такою уявою: точність роботи - середня; розряд 4; подразряд «Г»; фон - світлий; контраст (розбіжність об'єкта фоном) - великий. Необхідна нормована освітленість: для комбінованого штучного освітлення не нормується; для загального штучного освітлення $E=150$ лк.

На проектованій ділянці передбачене природне бічне освітлення, у кількості 12 вікон, розміри вікон 2.5×1.5 м, при загальній площі 600 . Нормоване значення коефіцієнта природної освітленості: при природній освітленості $KEO=2\%$; при сумісному освітленні $KEO=1.5\%$.

E - мінімальна освітленість по нормам $E=150$ лк;

N - число світильників, $N=20$;

Таким чином, вибираємо лампи ДРЛ-400, потужністю 400Вт і забезпечуючі світловий потік 19000лм. Відкіля фактична освітленість:

Обраної кількості ламп (20) достатньо для забезпечення необхідної освітленості. Фактична штучна освітленість відповідає СНиП II-4-79.

Так як висота ділянки більш 6 метрів, то в якості електричних джерел світла для загального освітлення приміщення дугові ртутні лампи ДРЛ-400 у кількості 20 штук, а місцевого освітлення - вакуумні лампи накаливання НВ, що дають освітлення $E=200$ лк і відповідні до СНиП II-4-79ш.

8.5 Пожежна безпека

Полімерна суміш належить до важко займистих речовин – речовини і матеріали, здатні горіти в повітрі при дії джерела запалення, але не здатні самостійно горіти після його видалення, які не здатні переходити в зважений стан – з температурою займання $t_z = 400^\circ \text{C}$. Згідно цьому даний цех за пожежною безпекою належить до пожежної категорії В (згідно з ОНТП 24-86) класу II-II. Ступінь вогнестійкості будинку – II, межа мінімальної вогнестійкості – 0,25 год.

Причини виникнення пожеж умовно можна поділити на пожежі електричного і неелектричного характеру.

За наявності відповідних умов загоряння може поширитися на значні обсяги виробничих приміщень і площадок, знищуючи матеріальні цінності і загрожуючи життю людей, тому необхідний комплекс заходів щодо пожежної безпеки і протипожежного захисту.

Для запобігання пожежі здійснюються заходи: організаційні, технічні, експлуатаційні і режимний характер.

До організаційних належать: навчання робітників та службовців пожежній безпеці, проведення бесід, лекцій, інструктажу.

Експлуатаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин, устаткування, внутрішньозаводського транспорту, своєчасні регулярні огляди установок і апаратів, їх перевірку, ремонт і випробування, правильне утримання будинків і територій.

До технічних заходів належать: дотримання протипожежних правил і норм при проектуванні будинків і споруд, будови електричних мереж і електроустаткування, систем освітлення, вентиляції, опалення і т.п.

До заходів режимного характеру належать: заборона проведення електрогазозварювальних та інших вогневих робіт у пожежонебезпечних зонах, приміщеннях, заборона паління у невстановлених місцях і т.п.

Основними заходами для забезпечення пожежної безпеки є:

- 1) будівля, що установлена на відстані не менш 10 м від сусідніх споруд і не менш 20 м від складів;
- 2) у приміщенні біля розроблювального виробу розміщена шухляда з піском і щит із протипожежним інвентарем (два вогнегасники типу ОХП-10 і ОУ-8, сокира, лом, багор);
- 3) на будинку встановлений блискавковідвід сітчастого типу;
- 4) необхідно передбачити систему сигналізації, що оповіщає працюючий персонал і спецслужби у випадку пожежі;
- 5) необхідно передбачити схему швидкої і безпечної евакуації людей у випадку пожежі. При цьому має бути обладнано не менше двох виходів,

розташованих розосереджено на відстані не менше 22 м одне від одного, ширина шляхів евакуації повинна бути не менше 1 м, ширина дверей не менше 0.8 м, висота – не менше 2 м (двері мають відкриватися в напрямку виходу з будинку).

Заходи щодо пожежної безпеки прийняті згідно зі СНІП 2.09.02-85 і СНІП 2.01.02-85.

8.6. Розрахунок віброізоляції

В останній час у зв'язку з швидким розвитком техніки в промисловості спостерігається тенденція збільшення потужності машин і продуктивності технологічного обладнання при одночасному зменшенні ваги і габаритів. Обладнання, що приводить до значних вібрацій (через недостатню жорсткість конструкції) і, як наслідок цього, до високого рівня виробляемого ним шуму. Тому важливим завданням є зниження рівня вібрації обладнання на виробництві для більшої безпеки робочого персоналу.

В залежності від форми впливу розрізняють загальні і місцеві (локальні) вібрації. Загальні вібрації викликають струс людини, місцеві – утягують в коливальні рухи тільки окремі частини тіла. Однак вплив на організм локальних вібрацій не відокремлюється тільки границями зони дії, вони впливають на центральну нервову систему і рефлекторно можуть змінювати функції окремих органів і тканин, викликаючи відповідні патологічні реакції.

Дослідженнями встановлено, що загальна вертикальна вібрація викликає багаточисельні реакції в організмі людини, які в ряді випадків при посиленні впливаючих факторів можуть розцінюватися як функціональні порушення. Найбільш чутливі до вібрації нервова та серцево-судинна системи. Ступінь впливу загальної вібрації на організм характеризується наступними показниками:

станом основних нервових процесів в центральній нервовій системі (збудження і гальмування);

реакціями зі сторони серцево-судинної системи (переміною серцевої діяльності);

загальним станом: втомленням, появою в зв'язку з вібраціями болі та

інших неприємних почуттів.

Найбільш радикальним засобом боротьби з впливом вібрації на людину є пристрій пружних віброізолюючих прокладок, які перешкоджають розповсюдженню вібраційної енергії. Для даного пластозмішувача встановлюємо амортизуючі гумові прокладки під основу. Ротори пластозмішувача повинні підлягати ретельній балансировці.

Проведемо розрахунок одного з методів віброізоляції – встановлення гумових амортизаторів. Вихідні дані: роторний пластозмішувач 180 дм³ має вагу з естакою Q=51850 кг і частоту обертання роторів n=27,5 об/хв, амплітуда збуджуючої сили P_x=10048 кг.

Визначення амплітуди зміщення ξ_{az} змушених коливань машини здійснюємо за формулою:

$$\xi_{az} = \frac{P_z}{m \cdot \omega^2},$$

де m – маса машини; ω – колова частота збуджуючої сили.

Колова частота збуджуючої сили визначається за формулою:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60};$$

Підставляючи чисельні зачення в формули одержимо:

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{27,5}{60} = 2,88 \text{ Гц}; \quad \xi_{az} = \frac{10048}{51850 \cdot 2,88^2} = 0,0233 \text{ см.}$$

Визначення коефіцієнта передачі і власної частоти коливань машини f_z і пружності віброізоляторів.

Коефіцієнт передачі μ пов'язаний з частотою власних коливань f_{oz} віброізолюваної машини і частотою збуджуючої сили f_z співвідношенням :

$$\mu = \frac{1}{\frac{f_z^2}{f_{oz}^2} - 1} = \frac{1}{\psi_z^2 - 1};$$

де $\psi_z = \frac{f_z}{f_{oz}}$ – коефіцієнт відношення частот.

Для машини з вертикальною періодичною силою, яка прикладена до

центра тяжіння, приймаємо значення відповідно [4] $\psi_z = 4$.

$$\mu = \frac{1}{4^2 - 1} = 0,066$$

Звідки

Частота власних коливань машини, встановленої на амортизаторах визначається за формулою [4]:

$$f_{oz} = \frac{5}{\sqrt{X_{cm}}} = 5 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot S}{h \cdot Q}},$$

де X_{cm} – статична осадка; E – модуль Юнга матеріала амортизатора;

S – площа прокладки;

h – розраункова висота прокладки.

Приймаємо амортизатори кубічної форми зі стороною 18 см з гуми ГОСТ 7338-85, допустиме напруження для цього сорту гуми 3 кг/см², динамічний модуль Юнга 50 кг/см².

Статична осадка визначається за формулою:

$$X_{cm} = \frac{h \cdot \sigma}{E};$$

Підставляючи чисельні зачення в формули одержимо:

$$X_{cm} = \frac{18 \cdot 3}{50} = 1,08 \text{ см}; \quad f_{oz} = \frac{5}{\sqrt{1,08}} = 4,81 \text{ Гц}.$$

Пружність амортизаторів визначається за формулою:

$$k_z = (2 \cdot \pi \cdot f_{oz})^2 \cdot m,$$

Підставляючи чисельні зачення в формулу одержимо:

$$k_z = (2 \cdot 3,14 \cdot 4,81)^2 \cdot 51850 = 47310572 \text{ кг}.$$

Визначення затухання коливань в віброізоляторах.

Затухання коливань в віброізоляторах обумовлено наявністю незворотніх втрат коливальної енергії, які характеризуються коефіцієнтом внутрішніх втрат η .

Затухання визначається по номограмі [4] в залежності від $\frac{X_{cm}}{\xi_o}$.

$$\text{Так як } \frac{X_{cm}}{\xi_o} = 10,1, \quad \text{то } \eta = 0,097.$$

Уточнення величини амплітуди зміщення вимушених коливань машини.

$$\xi_{az} = \frac{P_z}{k_z - m \cdot \omega^2},$$

Підставляючи чисельні значення в формулу одержимо:

$$\xi_{az} = \frac{10048}{47310572 - 51850 \cdot 2,88^2} = 2,14 \cdot 10^{-4} \text{ см.}$$

Визначення збуджуючих сил, які передаються через віброізолятори на несучу конструкцію.

Сумарна сила P_κ , яка передається через всі амортизатори, визначається за формулою:

$$P_\kappa = \xi_\kappa \cdot k_z,$$

де k_z - загальна жорсткість всіх амортизаторів.

Підставляючи чисельні значення в формулу одержимо:

$$D_\epsilon = 2,14 \cdot 10^{-4} \cdot 47310572 = 10140 \text{ ед.}$$

Загальна площа гумових прокладок.

$$S_\Sigma = \frac{Q}{\sigma_{don}};$$

Підставляючи чисельні значення в формулу одержимо:

$$S_\Sigma = \frac{51850}{3} = 17283 \text{ см}^2.$$

Прийнявши кубічну форму амортизаторів розміром 18*18*18 см, визначаємо опорну площу одного амортизатора.

$$S_1 = 18 \cdot 18 = 324 \text{ см}^2.$$

Визначаємо кількість прокладок під машиною.

$$n = \frac{S_\Sigma}{S_1} = \frac{17283}{324} = 53,34 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 60$ шт.

Визначення сили, яка діє на один амортизатор.

$$P_{\kappa 1} = \frac{P_\kappa}{n} = \frac{10140}{60} = 169 \text{ кгс.}$$

Визначаємо граничну частоту коливань системи.

$$f_{cp} = f_o \cdot \sqrt{2},$$

де $f_o = 4,81 \text{ Гц}$ - власна частота коливань системи (машини) на пружних прокладках.

Підставляючи чисельні значення в формулу одержимо:

$$f_{cp} = 4,81 \cdot \sqrt{2} = 6,8 \text{ Гц}.$$

Ефективність прокладок або зниження рівня вібрацій в Дб на частоті вдвічі більшій граничної, тобто 14 Гц.

$$\Delta L = 40 \cdot \lg \frac{f}{f_o};$$

Підставляючи чисельні значення в формулу одержимо:

$$\Delta L = 40 \cdot \lg \frac{14}{4,81} = 18,5 \text{ Дб}.$$

Таким чином величина зниження рівня вібрації на 18,5 Дб за рахунок встановлення машини на амортизатори досить значна.

Провівши розрахунок віброізоляторів ми впевнились, що розглядаємий метод боротьби з вібрацією дозволяє зменшити коливання конструкції. Це в свою чергу дає змогу зменшити кількість звукової енергії, яка випромінюється в приміщення, і захистити обслуговуючий персонал від шкідливої вібрації.

Заходи по зниженню шкідливого впливу вібрації від пластозмішувача на робітників:

- 1). застосування дистанційного керування і автоматизації машини, що викликає передачу вібрації на робочі місця;
- 2). розробка і здійснення заходів по віброізоляції робочого місця при роботі машини;
- 3). проведення самої ретельної балансування роторів пластозмішувача.

В цілях профілактики вібраційної хвороби рекомендується періодично використовувати робітників на інших операціях, не пов'язаних з дією вібрації. З цією метою необхідно вводити в практику комплексну бригаду, де члени бригади при виконанні виробничого процесу будуть мінятися місцями.

В якості індивідуальних засобів захисту від вібрації бригаду необхідно забезпечити віброізолюючим взуттям та індивідуальними проти шумами (навушники, вушні тампони).

8.7 Заходи безпеки при експлуатації устаткування

Зішування полімерних сумішей на роторному змішувачі відноситься до виробництв з підвищеною небезпекою. До роботи на данній установці допускаються працівники, що пройшли інструктаж та склали відповідний кваліфікаційний іспит.

В своїй роботі працівники повинні керуватися робочими інструкціями з обслуговування та експлуатації пластозмішувача, загальною інструкцією з техніки безпеки та пожежної безпеки для працівників даного цеху, планом ліквідації можливих аварій в цеху.

Перед початком роботи необхідно перевірити:

- чи нема сторонніх предметів в змішувальній камері, шляхом відкривання розвантажувального пристрою;
- чистоту робочого місця;
- чи є стисле повітря в системі;
- справність обладнання;
- наявність і справність огорожень;
- справність комунікації підводу теплоносія, витяжної комунікації;
- поступання смазки до поверхонь, які труться;
- справність контрольно-вимірних приладів.

Працівникам, які працюють на пластозмішувачі, суворо забороняється :

- розвантажувати суміш вручну;
- виймати випадково попавші в пластозмішувач предмети при роботі пластозмішувача;
- залишати працюючий пластозмішувач без надзору;
- проводити удари металевими предметами;
- палити, запалювати сірники;

- проводити смазку, чистку рухомих частин під час роботи пластозмішувача.

В разі якоїсь небезпеки необхідно негайно пластозмішувач ,натиснувши аварійну кнопку “СТОП” і доповісти про це мастеру.

Робітники, які обслуговують пластозмішувач, повинні бути вдугнені в спецодяг согласно інструкції по техніці безпеки.

По закінченні роботи необхідно:

- вимкнути механізми пластозмішувача на пульті і щиті керування;
- перекрити вентилі води, пара;
- вичистити пластозмішувач і прибрати робоче місце;
- зачинити дверцята завантажувального і розвантажувального пристроїв.

8.8 Охорона навколишнього середовища

Для охорони навколишнього середовища від шкідливого впливу викидів, що утворюються під час переробки полівінілхлориду, необхідно:

1) технологічні відходи, непридатні для вторинної переробки, відправляти на полігони і нагромаджувачі для захоронення;

2) дотримувати вимог техніки безпеки і технологічних режимів переробки термопластів;

3) з метою зменшення викидів в атмосферу шкідливих речовин рекомендується використовувати на місцях установки типу “Улов”, що уловлюють газоподібні шкідливі речовини;

4) виробничі відходи використовувати відповідно до вимог ГОСТ 2731-8 (“Сировина полімерна вторинна. Порядок збирання, зберігання і перероблення відходів”).

9.1 Розробка базового вузла ущільнення

9.1.1 Побудова 3D-моделі базового вузла ущільнення

Для проведення розрахунків базового вузла було виконано побудова його 3D модель. в програмному забезпеченні «Solid Works». Креслення базового вузла наведено на Рисунку 9.1.1

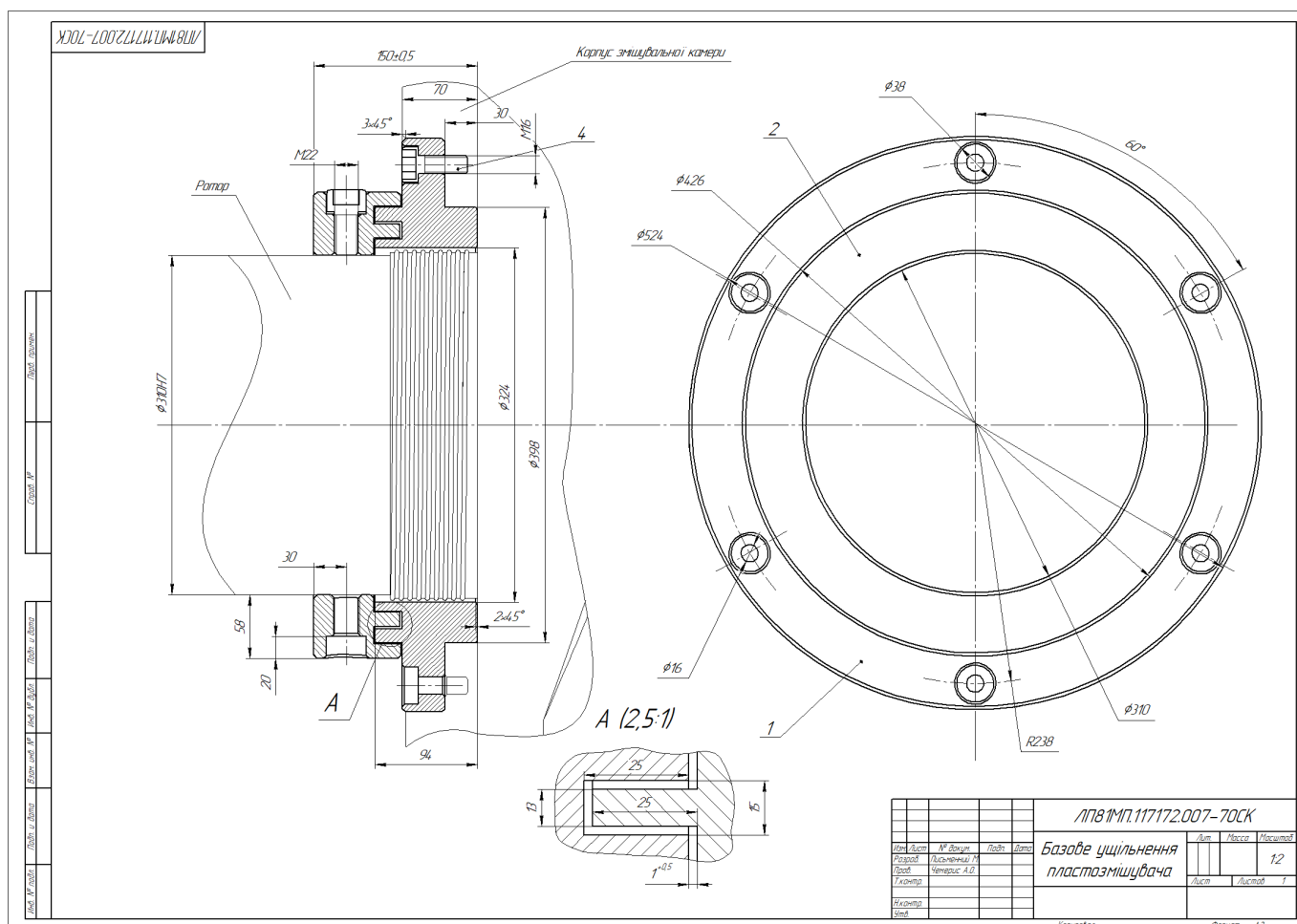


Рисунок 9.1.1 – Креслення базового вузла ущільнення

Кожний елемент 3D моделі було виконано у вигляді 2D ескізу та за допомогою необхідних команд перетворено в 3D деталь. Після створення всіх деталей, їх було додано до файлу збірки, де вони були розміщені у своєму відповідному положенні та задані всі необхідні залежності для моделювання

цілісної конструкції. Для подальшого використання моделей зберігаємо в форматі «.step». Створенні окремі 3D-моделі деталей та зібраного базового ущільнення наведено на Рисунках 9.1.2-9.1.4

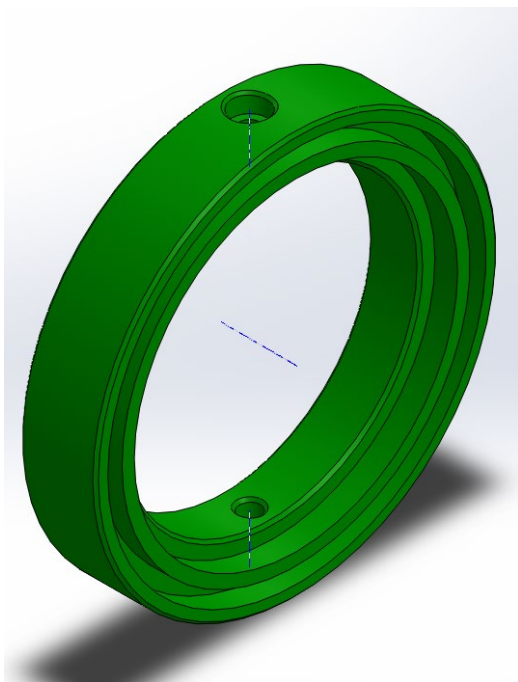


Рисунок 9.1.2 – Кришка

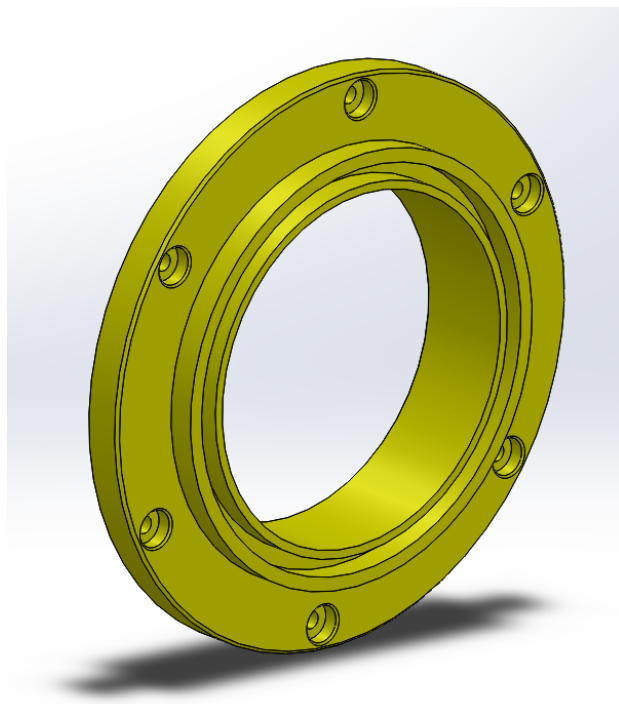


Рисунок 9.1.3 – Корпус

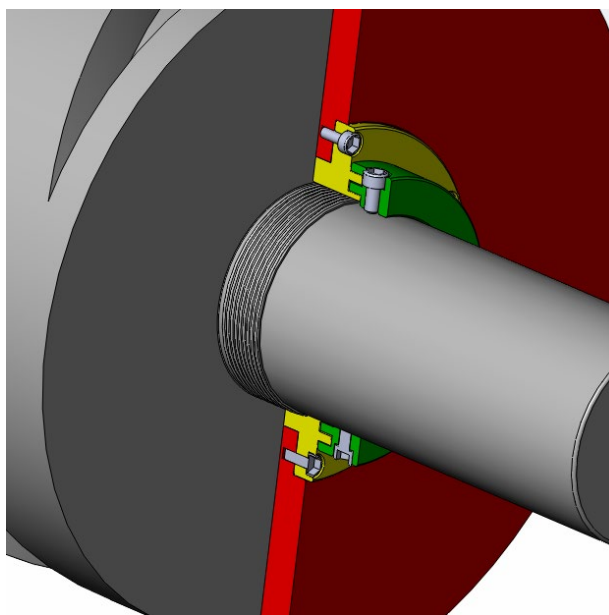
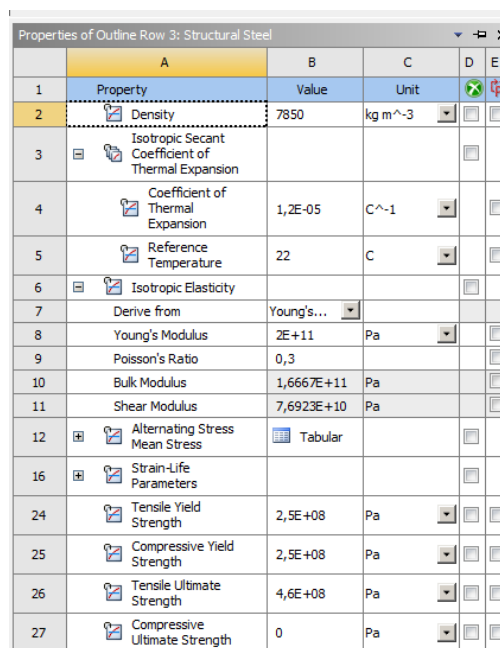


Рисунок 9.1.4 – Зібраний базовий вузол в розрізі

9.1.2 Розрахунок базового вузла ущільнення в ANSYS

ANSYS - універсальна програмна система кінцево-елементного (МСЕ) аналізу, існуюча і розвивається на протязі останніх 30 років, є досить популярною у фахівців в сфері автоматичних інженерних розрахунків (CAE, Computer-Aided Engineering) і КЕ рішення лінійних і нелінійних, стаціонарних і нестаціонарних просторових задач механіки деформованого твердого тіла і механіки конструкцій (включаючи нестаціонарні геометрично і фізично нелінійні задачі контактної взаємодії елементів конструкцій), завдань механіки рідини і газу, теплопередачі і теплообміну, електродинаміки, акустики, а також механіки зв'язаних полів. Моделювання та аналіз в деяких областях промисловості дозволяє уникнути дорогих і тривалих циклів розробки типу «проектування - виготовлення - випробування». Система працює на основі геометричного ядра Parasolid.[14]

Перед початком розрахунку задаємо відповідні властивості матеріалам в Static structural > Engineering Data (Рисунок 9.2.5)



	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Density	7850	kg m ⁻³		
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
4	Coefficient of Thermal Expansion	1,2E-05	C ⁻¹		
5	Reference Temperature	22	C		
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's...			
8	Young's Modulus	2E+11	Pa		
9	Poisson's Ratio	0,3			
10	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa		
11	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa		
12	Alternating Stress Mean Stress	Tabular			
16	Strain-Life Parameters				
24	Tensile Yield Strength	2,5E+08	Pa		
25	Compressive Yield Strength	2,5E+08	Pa		
26	Tensile Ultimate Strength	4,6E+08	Pa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		

Рисунок 9.2.5 – Механічні властивості з бази даних фізичних і механічних властивостей матеріалів у програмі Ansys.

Завантажуємо вже створену у SolidWorks геометрію **Geometry > Import Geometry > Browse...** файл формату .sat. Запускаємо програму **Design Modeler** пункт (3) **Geometry** в схемі проекту. І додаємо геометрію до проекту кнопкою **Generate**. Програма згенерує, геометричний об'єкт, що був створений в іншій програмі. Для визначення скінченних елементів встановлюємо сітку на деталь за допомогою команди **Mesh** та на підтверджуємо її кнопкою **Update** (Рисунок.9.2.6). Задаємо закріплення та навантаження. Запускаємо ANSYS Static Structural (4) **Model**. І задаємо закріплення і навантаження (7,68Мпа). (Рисунок 9.2.7)

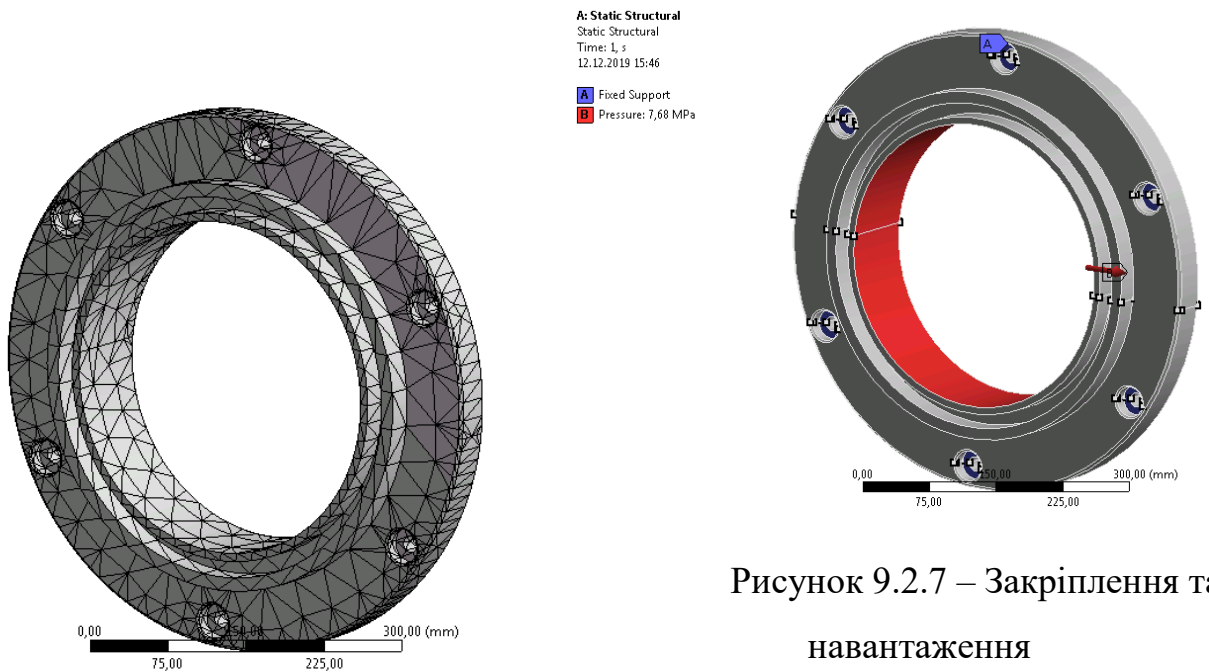


Рисунок 9.2.6 – Імпортована деталь з розрахунковою сіткою

Рисунок 9.2.7 – Закріплення та навантаження

Визначаємо шукані параметри в результаті розв’язання задачі. В дереві проекту обираємо **Static Structural > Solution**. Та оберемо пункти **Total Deformation**, **Equivalent (von-Mises) Strain**, **Equivalent (von-Mises) Stress** та **Tools > Stress Tool**. (Рисунок.9.2.8)

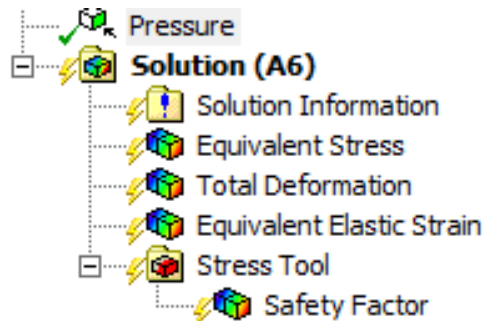


Рисунок 9.2.8 – Обрані задачі розрахунку

Після чого на панелі інструментів обираємо Solve (йде прорахунок ношої деталі). В результаті розрахунку поставленої задачі було отримано такі рішення в програмі Ansys.(Рисунок 9.2.9-9.2.12)

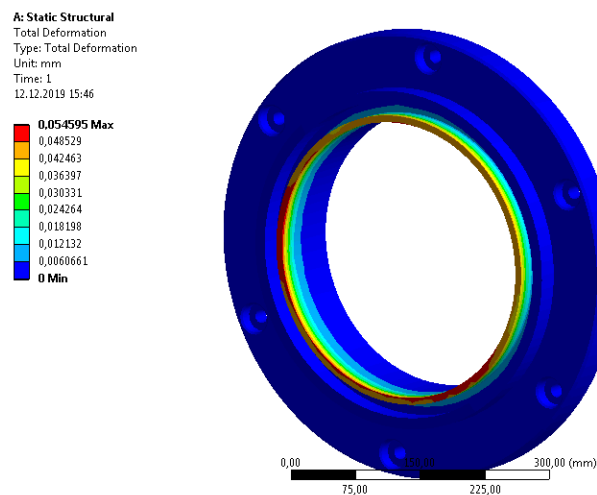


Рисунок 9.2.9 – Поле сумарної деформації

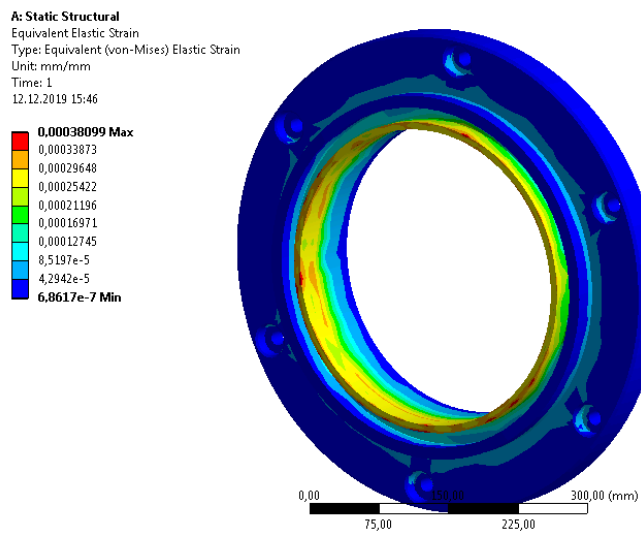


Рисунок 9.2.11 – Поле еквівалентних деформацій

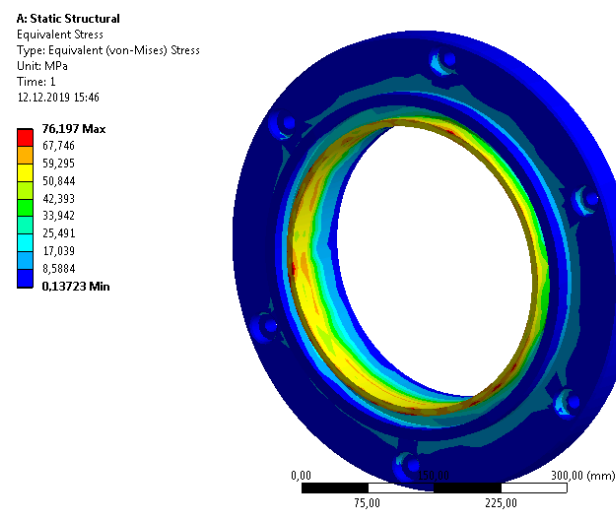


Рисунок 9.2.10 – Поле еквівалентних напружень

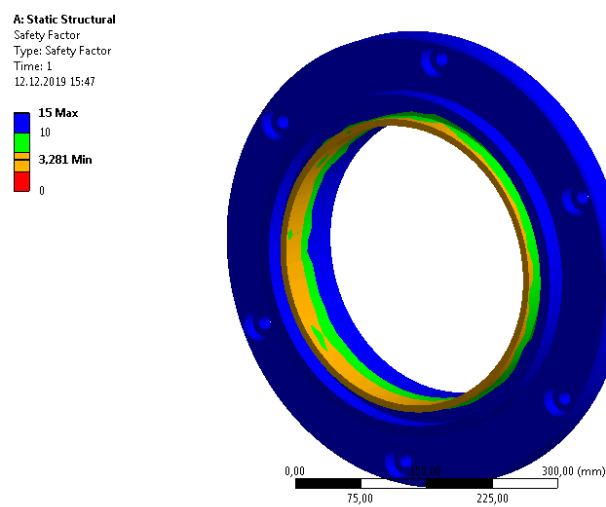


Рисунок 9.2.12 – Запас міцності

Мінімальний запас міцності становить 3.28. Перевіряємо розрахунки при максимальних навантаженнях $3.28 \cdot 7,68 \text{ МПа} = 25 \text{ МПа}$. Отримуємо запас міцності 1,007 (рис.9.2.13).

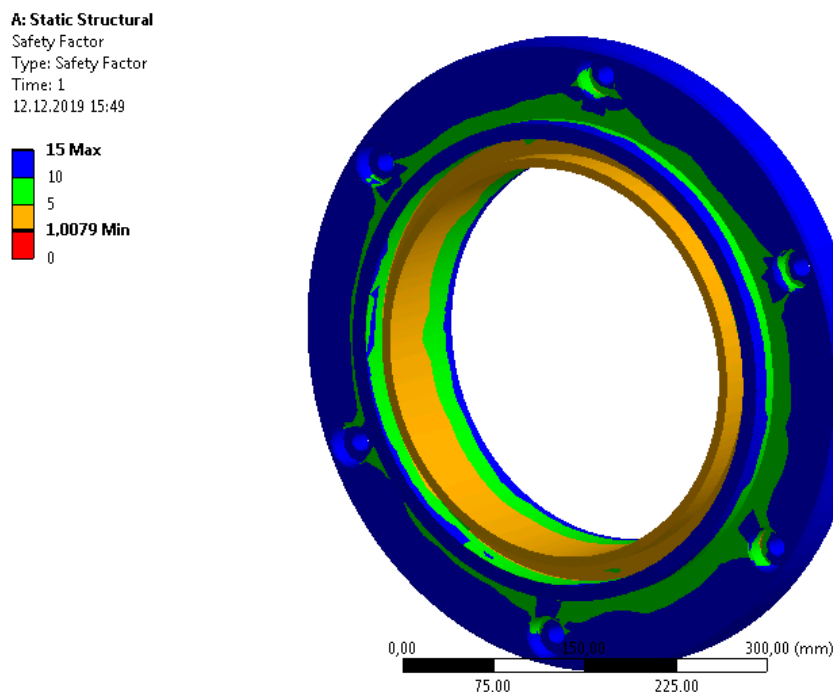


Рисунок 9.2.13 - Запас міцності при максимальних навантаженнях

Висновок: За результатом розрахунку в програмному комплексі ANSYS статичної постановки задачі ми отримали максимальне напруження в елементі, що не перевищує границю міцності металу. Тому конструкцію можна вважати працездатною.

9.2 Розробка модернізованого вузла ущільнення «Спираль»

9.2.1 Побудова 3D-моделі спірального вузла ущільнення

Для перевірки працездатності модернізації було виконано побудова трьох мірної моделі модернізованого вузла для подальшого розрахунку. Креслення вузла наведено на Рисунку 9.2.1

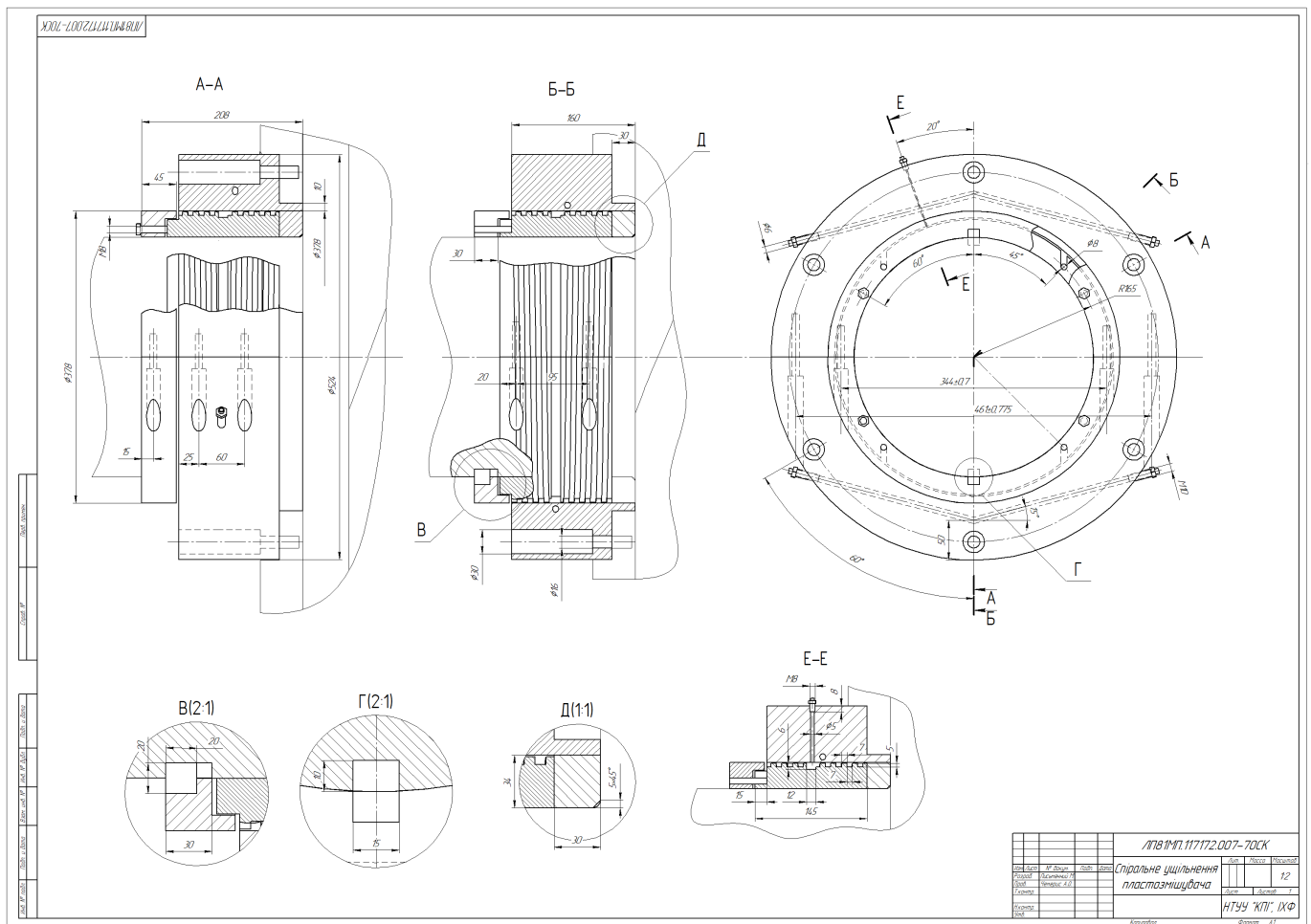


Рисунок 9.2.1 – Креслення модернізованого вузла

Побудова трьох мірної моделі окремих елементів модернізованого вузла виконано аналогічно пункту 9.1.1. Для подальшого використання моделей зберігаємо в форматі «.step». Створенні окремі 3D-моделі деталей та зібраного базового ущільнення наведено на Рисунку.9.2.2-9.2.9

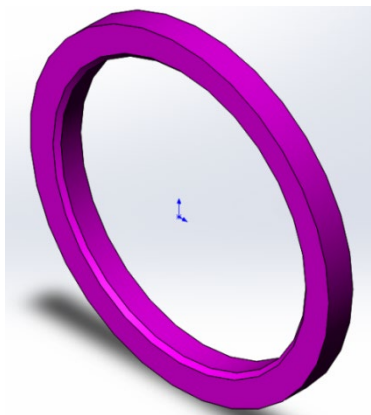


Рисунок 9.2.2 – Дистанційне кільце

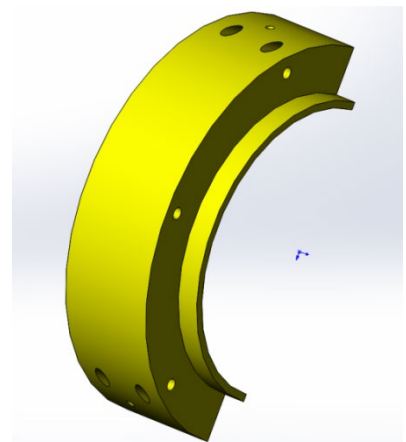


Рисунок 9.2.4 – Верхня частина корпусу

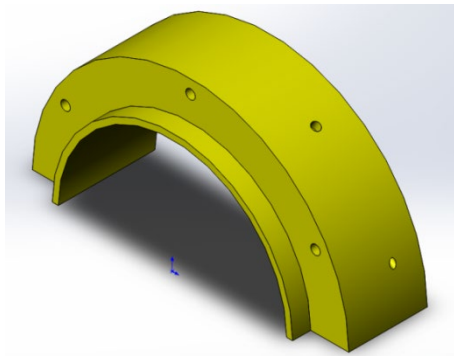


Рисунок 9.2.6—Нижня частина корпусу

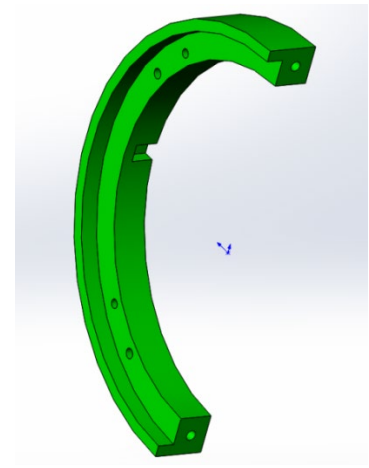


Рисунок 9.2.5 – Нижня частина
штопорного кільця

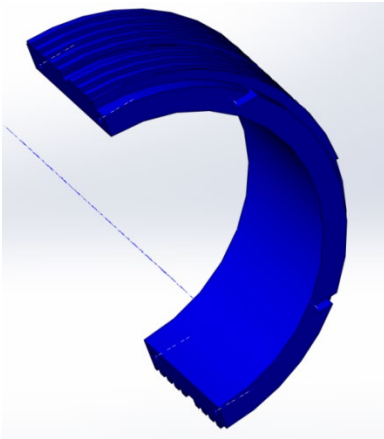


Рисунок 9.2.8– Нижня частина втулки

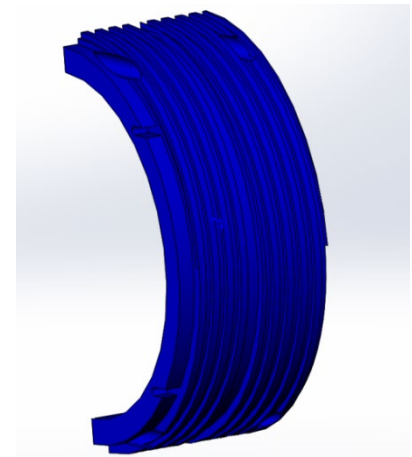


Рисунок 9.2.7 – Верхня частина втулки

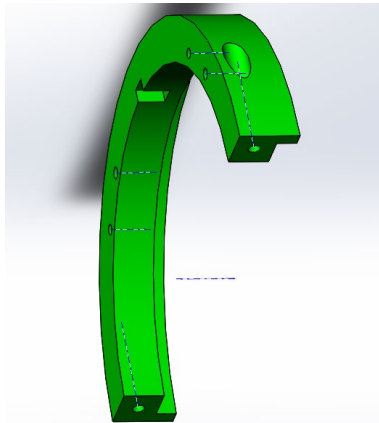


Рисунок 9.2.3 – Верхня частина
штопорного кільця

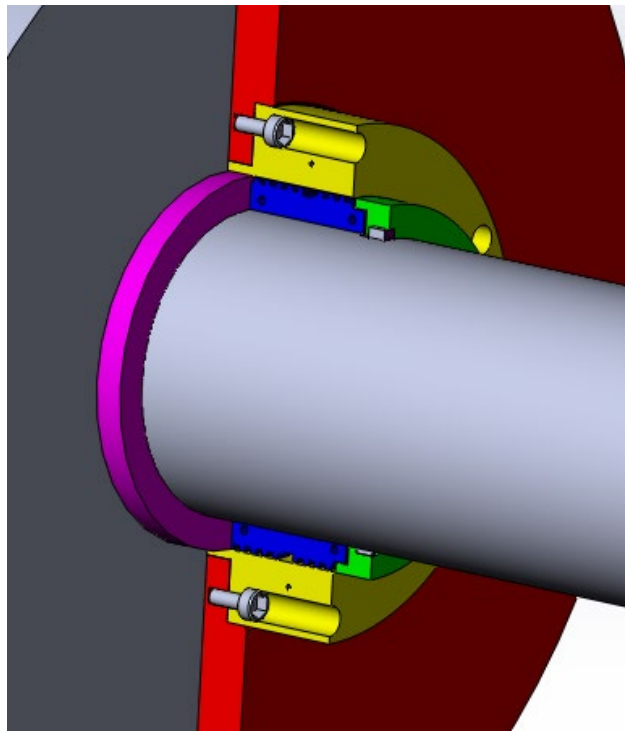


Рисунок 9.2.9 – Зібраний вузол в розрізі

9.2.2 Розрахунок спірального вузла ущільнення в ANSYS

Виконання розрахунку модернізованого спірального вузла ущільнення виконується аналогічно за пунктом 9.1.2 «Розрахунок базового вузла ущільнення в ANSYS» Імпортована модель модернізованого вузла та закріплення зображено на рис.9.2.10-9.2.11.

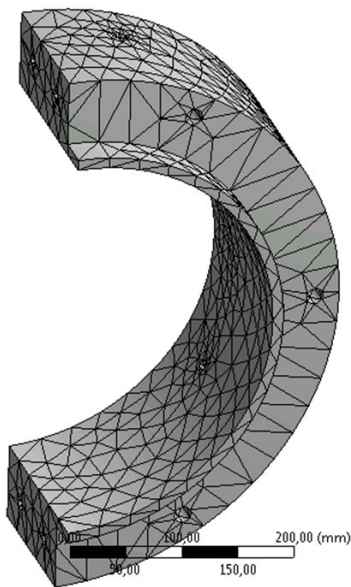


Рисунок 9.2.10 – Імпортована деталь
з розрахунковою сіткою

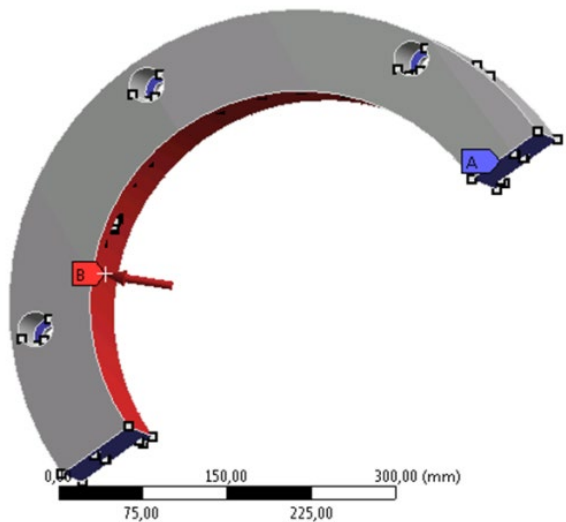


Рисунок 9.2.11 – Закріплення та
навантаження

В ході розрахунку поставленої задачі в програмі «Ansys» було отримано наступні результати (Рисунок.9.2.12-9.2.15)

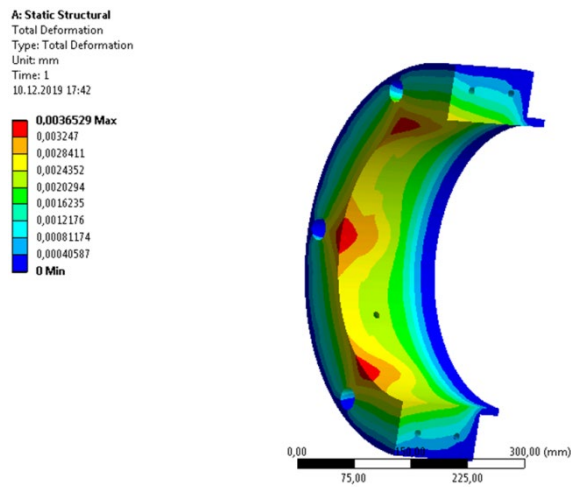


Рисунок 9.2.12 – Поле сумарної деформації

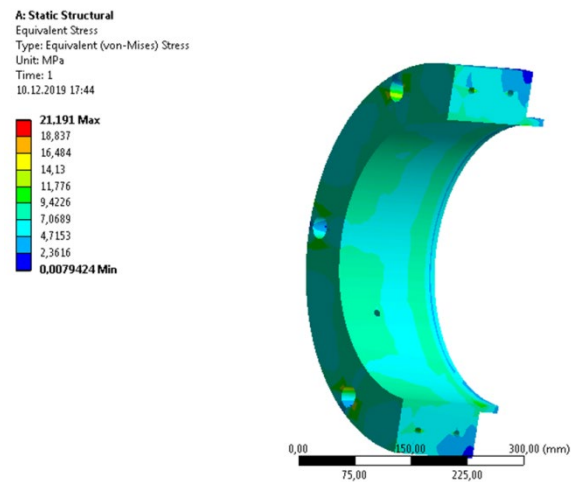


Рисунок 9.2.13 – Поле еквівалентних напружень

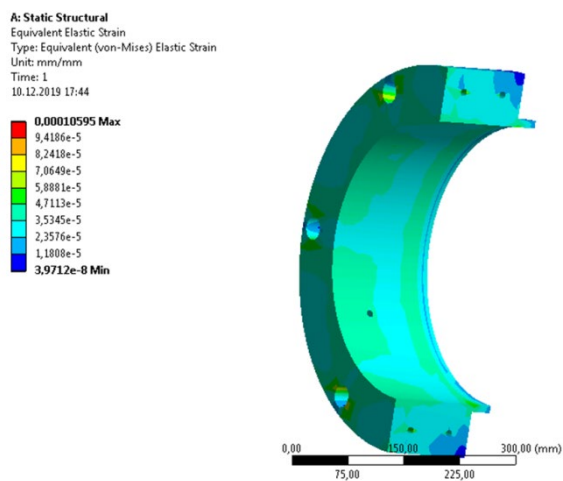


Рисунок 9.2.14 – Поле еквівалентних деформацій

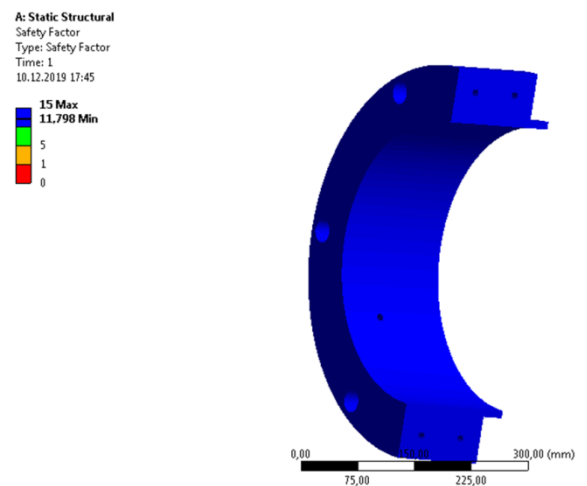


Рисунок 9.2.15 – Запас міцності

Робимо висновок, що запас міцності 11,79. Перевіряємо розрахунки при максимальних навантаженнях $11,79 \cdot 7,68 \text{ МПа} = 90 \text{ МПа}$. При повторному розрахунку встановлено навантаження в 90 МПа. Отримуємо запас міцності 1,006 (Рисунок.9.2.16).

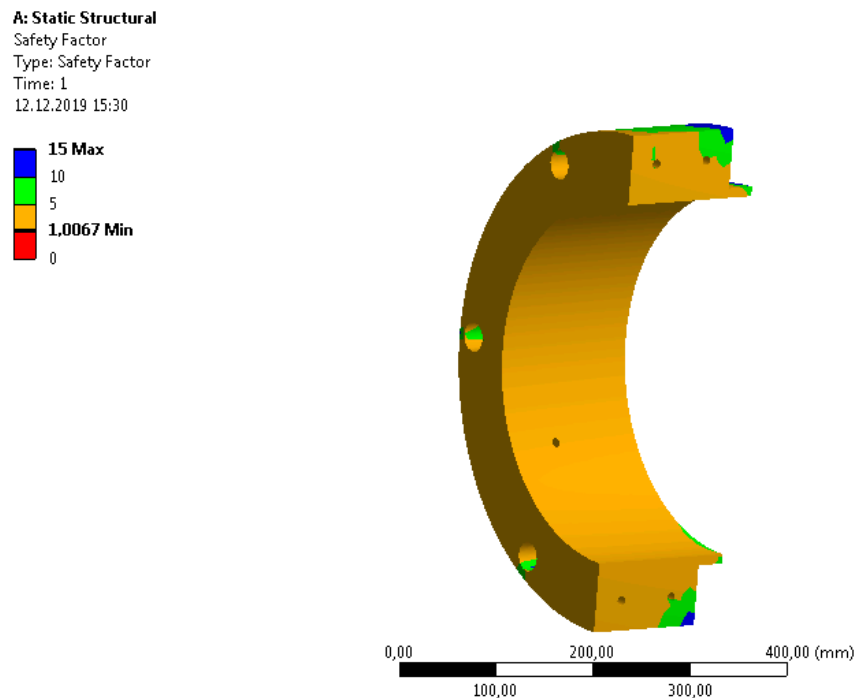


Рисунок 9.2.16 - Запас міцності при максимальних навантаженнях

Висновок: За результатом розрахунку в програмному комплексі ANSYS статичної постановки задачі ми отримали максимальне напруження в елементі, що не перевищує границю міцності металу. Тому конструкцію можна вважати працездатною.

9.3 Розробка лабіринтного вузла ущільнення

9.3.1 Побудова 3D-моделі лабіринтного вузла ущільнення

Для перевірки працездатності модернізації було виконано побудова трьох мірної моделі модернізованого вузла для подальшого розрахунку. Креслення вузла наведено на Рисунок. 9.3.1

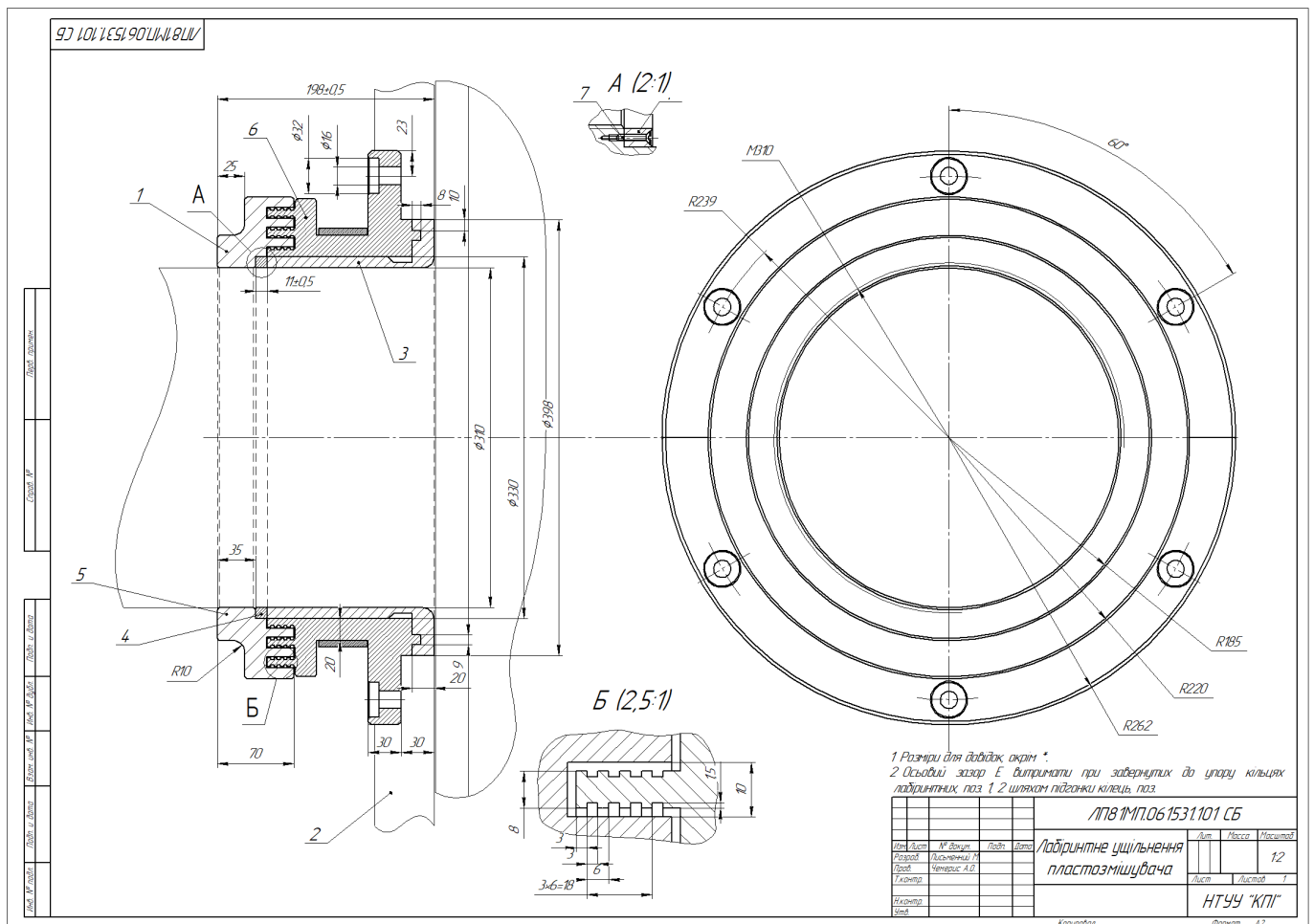


Рисунок 9.3.1 – Креслення модернізованого вузла

Побудова трьох мірної моделі окремих елементів модернізованого вузла виконано аналогічно пункту 9.1.1. Для подальшого використання моделей зберігаємо в форматі «.step». Створенні окремі 3D моделі деталей та зібраного базового ущільнення наведено на Рисунок 9.3.6-9.3.7

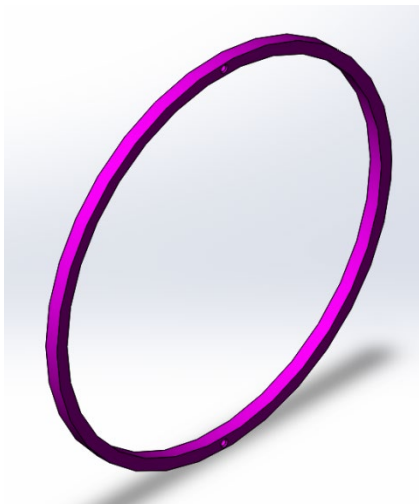


Рисунок 9.3.2 – Дистанційне кільце



Рисунок 9.3.3 – Кришка

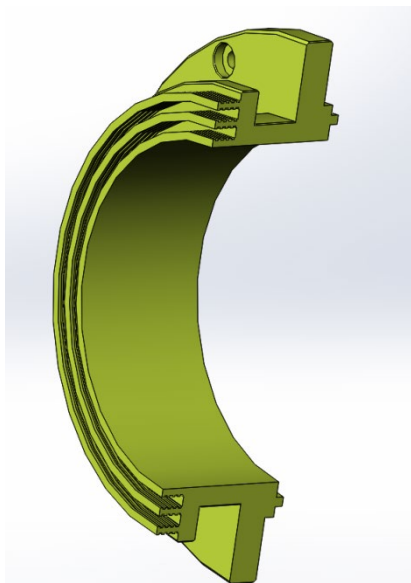


Рисунок 9.3.4 – Корпус



Рисунок 9.3.5 – Скоба закріплення

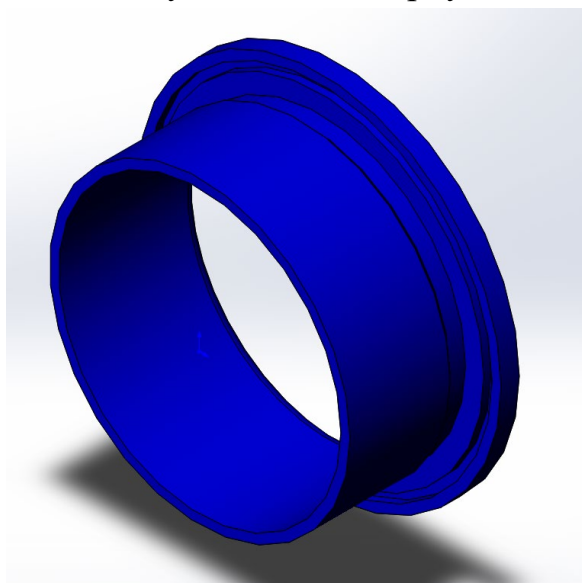


Рисунок 9.3.6 – Втулка

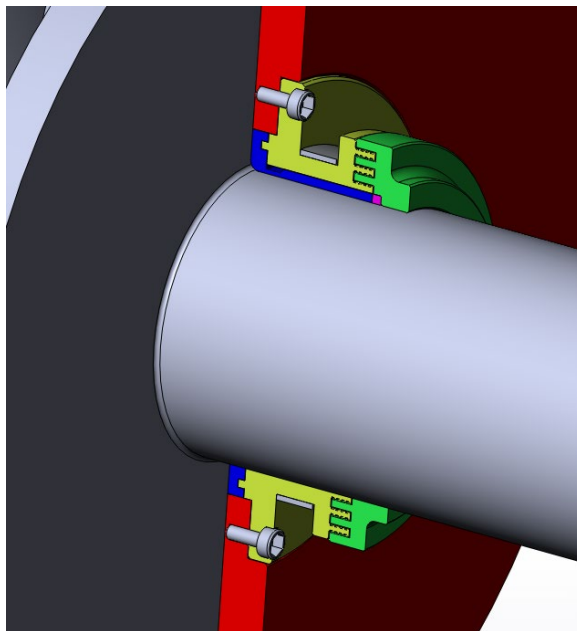


Рисунок 9.3.7 – Зібраний вузол в розрізі

9.3.2 Розрахунок спірального вузла ущільнення в ANSYS

Виконання розрахунку модернізованого спірального вузла ущільнення виконується аналогічно за пунктом 9.1.2 «Розрахунок базового вузла ущільнення в ANSYS» Імпортована модель модернізованого вузла та закріплення зображено на Рисунок 9.3.8-9.3.9 В ході розрахунку поставленої задачі в програмі «Ansys» було отримано наступні результати (Рисунок 9.3.10-9.3.13)

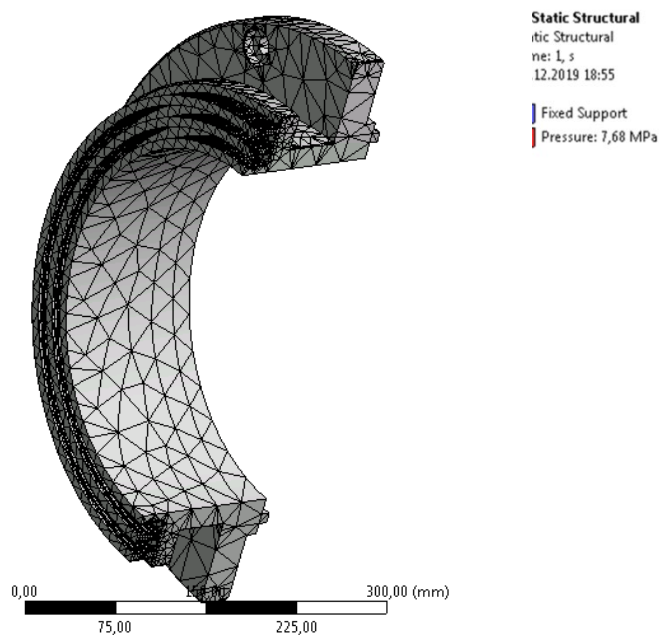


Рисунок 9.3.8 – Імпортована деталь з розрахунковою сіткою

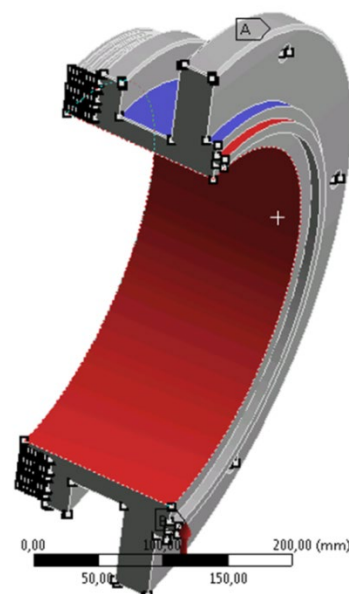


Рисунок 9.3.9 – Закріплення та навантаження

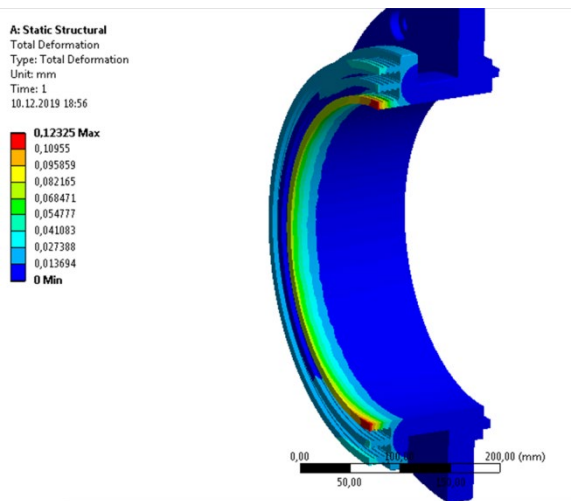


Рисунок 9.2.10 – Поле сумарної деформації

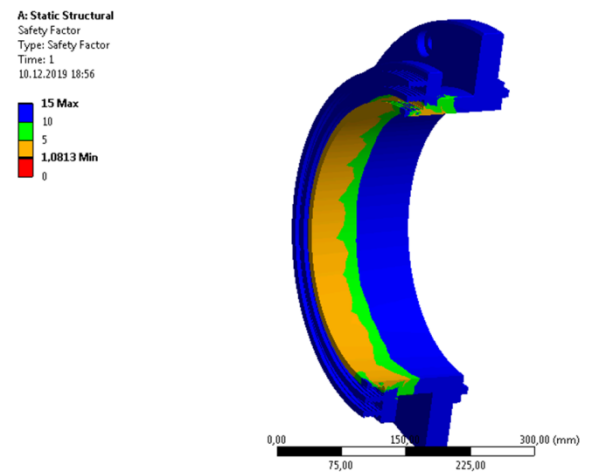


Рисунок 9.2.11 – Запас міцності

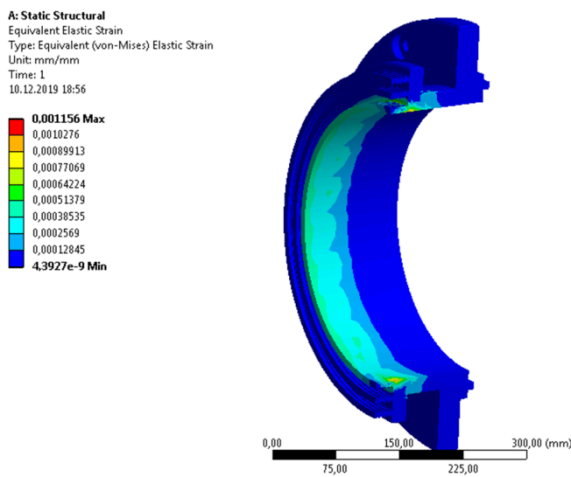


Рисунок 9.2.12 – Поле еквівалентних деформацій

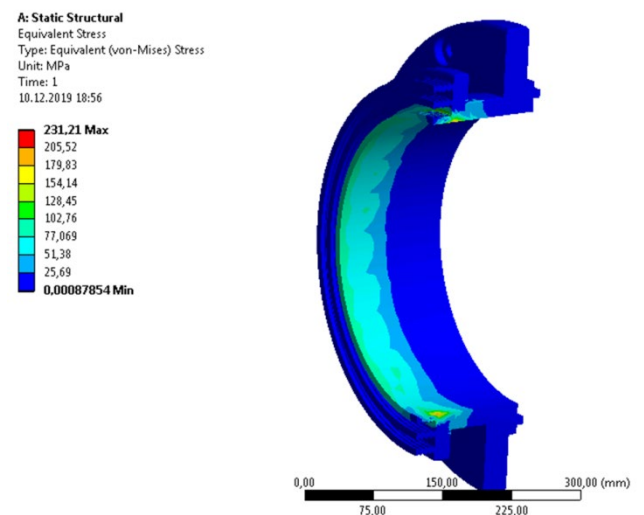


Рисунок 9.2.13 – Поле еквівалентних напружень

Висновок: За результатом розрахунку в програмному комплексі ANSYS статичної постановки задачі ми отримали максимальне напруження в елементі, що не перевищує границю міцності металу. Тому конструкцію можна вважати працездатною.

ВИСНОВОК

У магістерській дисертації на тему «Пластозмішувач роторний з модернізацією ущільнень» було проведено літературно-патентний огляд та розглянута ущільнення ротора огляд, за результатами якого проведена його модернізацію, суть якої полягає підвищенні протидії видаленню полімеру в пластозмішувачі. З цією метою в ущільнювальний вузол було внесена наступні зміни: стандартне ущільнення було замінено на удосконалений спіраль-но-лабіринтний, що забезпечують складний круговий рух суміші який приводить до ефекту Вейсенберга. Це дозволяє зменшити інтенсивність процесу виділення суміші.

Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів, пов'язаних з експлуатацією пластозмішувача, на основі якого зроблено висновок, що модернізований апарат повністю відповідає вимогам охорони праці.

Виконано розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкції обраного змішувача, а саме: розрахунок потужності приводу, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції змішувача.

Дано рекомендації по монтажу та експлуатації змішувача.

Креслення зроблені за допомогою програми «КОМПАС».

Моделювання вузла в 3D було виконано в «Solid Works»

Розрахунки модернізованого вузла були проведені в «ANSYS»

Розроблено графічна частина проекту: технологічна схема виробництва ПВХ-плівки, складальні креслення пластозмішувача, ущільнення роторів, креслень складальних одиниць.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.И. Ш. Абдуллин, Р. Г. Ибрагимов, О. В. Зайцева, В. В. Вишневский, Н. В. Осипов, Ю. В. Шараев Технология каландрования полимеров для изготовления тканей с мембранным покрытием, 105с.
- 2 Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. – М.: Машиностроение, 1972.
- 3.Патент №74081 (RU), МПК B01F11/02 Пластозмішувач
- 4.Ущільнювальний пристрій шийки ротора змішувача пластмас і гумових сумішей: UA 58962 U; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8.
- 5.Патент №2033324 (RU), МПК B28C5/14. Роторний змішувач / В. А. Кузьмичев, В. С. Дегтярьов, Є. А. Прозоров (RU).– Заявка №93001653133, 11.01.1993.
- 6.Патент №2186615 (RU), МПК B01F7/00. Роторний змішувач/ С. М. Дроздов (RU).– Заявка №2001120445/12, 24.07.2001.
- 7.Патент №74081 (RU), МПК B01F11/02. Роторний змішувач з електрогідравлічним вібробудником / І. М. Єфремов, В. С. Янін, Р. Є. Нікіфоров (RU).– Заявка №2006123298/22, 29.06.2006.
- 8.Патент №5090711 (US), F16J 15/34 Seal assemblies for internal mixers / Anton Becker / Feb.25,1992
- 9.ПатентUA 34962 МПК B29B 7/02 26.08.2008 Роторний змішувач для полімерний композиції
- 10.ПатентUA 106431 МПК B29B 7/18 25.04.2016 Роторний змішувач
- 11.ПатентUA 34562 МПК B29B 7/00 11.08.2008 Роторний змішувач
- 12.Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – Киев . : Наукова думка, 1988.
- 13.В.Ф.Селедцов та ін. Методичні вказівки по розділу охорона праці в дипломних роботах і проектах студентів спеціальностей факультета хімічного машинобудування і хіміко-технологічного факультету. – К.: КПІ, – 1979 р. – 68 с.
- 14.Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ДОДАТКИ